



УДК 631.4

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-156-172

Пространственное сопряжение «приопушечный чернозем – серая лесная почва в лесу» как модель позднеголоценовой эволюции почв широколиственно-лесного ландшафта лесостепи

Чендев Ю.Г., Салова Т.Л., Белеванцев В.Г.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: Chendev@bsu.edu.ru

Аннотация. В лесостепи центра Восточно-Европейской равнины (Белгородская область) на плакоре изучены профили чернозема, выщелоченного на естественной границе леса и лугово-степного угодья и темно-серой лесной почвы в дубовом лесу (в 20 м от опушки). Почвообразующие породы – бурые покровные карбонатные глины. В профиле серой лесной почвы сохранились признаки черноземной стадии развития (включения ходов степных землероев-слепышей, второй гумусовый горизонт как остаточная часть гумусированного профиля палеочернозема). Изученное пространственное сопряжение почв предлагается рассматривать как модель позднеголоценовой эволюции почв в результате наступления леса на степь. Идентифицирована направленность изменений ряда почвообразовательных процессов в результате эволюционной трансформации чернозема в серую лесную почву. Высказывается предположение о том, что в лесостепи юга Среднерусской возвышенности в результате позднеголоценового увлажнения и похолодания климата заселение лесной растительностью водораздельных участков степей в первую очередь происходило на экологически благоприятных для леса почвообразующих субстратах – глинах. Застаивавшаяся на глинах атмосферная влага могла более продуктивно использоваться корневыми системами деревьев по сравнению с другими почвообразующими породами.

Ключевые слова: лесостепь, Среднерусская возвышенность, черноземы, серые лесные почвы, Поздний голоцен, эволюция почв

Благодарность: Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проект № 19-29-05012, полевые и лабораторные исследования почв), и РНФ (проект № 19-17-00056, обсуждение исследования группового состава гумуса в черноземах агролесомелиоративных ландшафтов и на участке распространения леса на степь в Ямской степи).

Для цитирования: Чендев Ю.Г., Салова Т.Л., Белеванцев В.Г. 2022. Пространственное сопряжение «приопушечный чернозем – серая лесная почва в лесу» как модель позднеголоценовой эволюции почв широколиственно-лесного ландшафта лесостепи. Региональные геосистемы, 46(2): 156–172. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-156-172

Spatial Sequence “Outer Wood Chernozem – Gray Forest Soil in Forest” as a Model of the Late Holocene Evolution of Soils within the Broadleaf-Forest Landscape of the Forest-Steppe

Yury G. Chendev, Tatyana L. Salova, Valeriy G. Belevantsev

Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: Chendev@bsu.edu.ru

Abstract. In the forest-steppe of the center of the East European Plain (Belgorod oblast), within flat watershed the profiles of leached chernozem on the natural border of forest and meadow-steppe land and dark gray forest

soil in an oak forest (20 m from the forest edge) were studied. The parent materials are the mantled brown carbonate clays. In the profile of the gray forest soil, signs of the chernozem stage of soil formation had been preserved (inclusions of passages of steppe shrews – mole rats, the second humus horizon as a residual part of the humus profile of the paleochernozem). The studied spatial sequence of soils is proposed to be considered as a model of the Late Holocene evolution of soils as a result of the advance of the forest on the steppe. The direction of changes in time of a number of soil-forming processes as a result of the evolutionary transformation of chernozem into gray forest soil has been identified. It is suggested that in the forest-steppe of the south of the Central Russian Upland, as a result of Late Holocene moistening and cooling of climate, the settlement of forest vegetation in the watershed areas of the steppes primarily occurred on clay soil-forming substrates that were ecologically favorable for the forest. The atmospheric precipitation stagnant on them could be more productively used by root systems of trees compared to other soil-forming rocks.

Keywords: forest-steppe, Central Russian Upland, chernozems, gray forest soils, Late Holocene, evolution of soils

Acknowledgment: This work was supported by grants of Russian Foundation for Basic Research, (project No. 19-29-05012, field and laboratory analyses of soils), and Russian Science Foundation (project No. 19-17-00056, discussion of soil humus group composition in agroforestry landscapes and within forest advancement to grassland in the Yamskaya Step' reserve area).

For citation: Chendev Yu.G., Salova T.L., Belevantsev V.G. 2022. Spatial Sequence “Outer Wood Chernozem – Gray Forest Soil in Forest” as a Model of the Late Holocene Evolution of Soils within the Broadleaf-Forest Landscape of the Forest-Steppe. *Regional Geosystems*, 46(2): 156–172 (in Russian). DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-156-172

Введение

Изучение почв как фокуса разнообразных природных процессов, протекающих в геосистемах и географической оболочке в целом, остается одним из наиболее актуальных и перспективных направлений в современном естествознании. Как известно, почвы можно рассматривать как зеркало ландшафта. Данная формулировка В.В. Докучаева исходит из представления о том, что почвы в своих свойствах записывают комбинацию современных факторов среды (факторов почвообразования) [Добровольский, 1983]. Вместе с тем консервативные признаки почв, долгое время сохраняющиеся в почвенных профилях, также позволяют рассматривать почвы как хранители информации о прошлых стадиях почвообразования и развития природной среды. Поэтому почвы также называют памятью ландшафта [Марголина и др., 1988; Память почв ..., 2008]. Среди консервативных признаков почв особое значение придается органическому веществу и «гумусовой памяти» почв [Дергачева, 2018; Когут, Семенов, 2020].

Лесостепь Среднерусской возвышенности, начиная с работ В.В. Докучаева и его учеников, была и остается ареной научных дискуссий о природе происхождения лесостепи, ее растительности и почв. Не потерял своей актуальности вопрос: что первично – лес или степь, черноземы или серые лесные почвы? Большой список научных работ прошлых лет и появившихся сравнительно недавно отражает содержание продолжающихся на эту тему дискуссий [Александровский и др., 2011; Rusakov et al., 2018; и др.].

На протяжении ряда лет коллектив географов и почвоведов НИУ «БелГУ» проводит целенаправленные исследования голоценовой эволюции лесостепных почв центра Восточно-Европейской равнины. Участками исследований, как правило, являются археологические ландшафты. Однако сравнительно недавно были обнаружены новые перспективные объекты исследований, представляющие собой пространственные смены голоценовых почв, которые было предложено также интерпретировать как хронопоследовательности, обусловленные разной длительностью почвообразования под лесной растительностью [Чендев, 2019].

В данной статье продолжается обсуждение новых объектов исследования голоценовой эволюции лесостепных почв.

Целью работы является генетический анализ пространственно-временного перехода зональных типов лесостепных почв (черноземов в серые лесные) в автономных условиях рельефа на границе между лесом и степью.

Объекты и методы исследований

Участок исследования находится на территории г. Белгорода – рядом с микрорайоном Новый-2, который интенсивно застраивался в течение последних 10 лет. Изучаемая территория представляет собой плакор, на востоке граничащий с придолинным участком водораздела и нагорной частью долины р. Северский Донец (рис. 1).

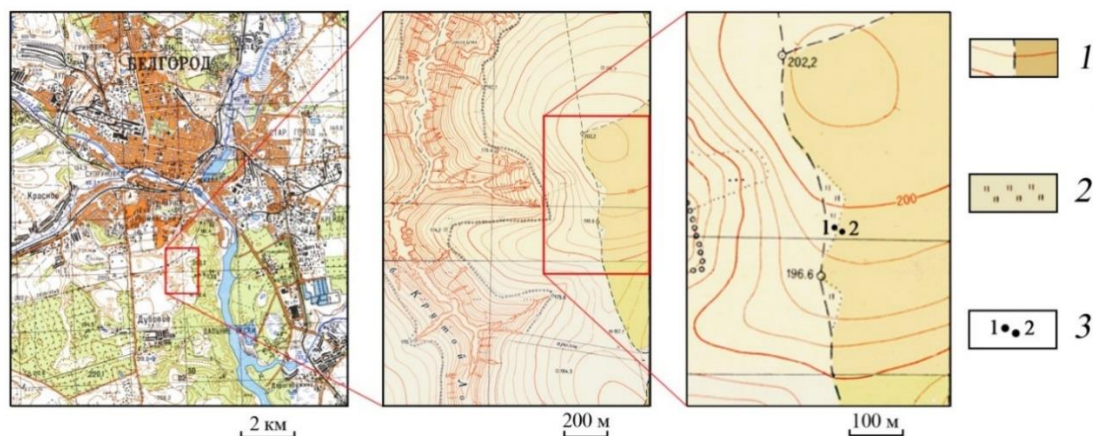


Рис. 1. Схема местоположения участка исследований. Условные знаки:
1 – граница между лесом и степью; 2 – сохранившиеся фрагменты лугово-степной растительности рядом с лесом; 3 – места заложения почвенных разрезов и номера разрезов
Fig. 1. Scheme of key area location. Symbols: 1 – border between forest and steppe; 2 – have preserved fragments of meadow-steppe vegetation nearby with forest; 3 – soil pits and their numbers

Уникальной особенностью изучаемого участка является неизменность в течение длительного времени положения границы лесного массива, протягивающегося вдоль правобережной части долины реки Северский Донец (нагорная дубрава) и выходящего на ровный водораздел с образованием водораздельной дубравы. В рукописном источнике конца XVI в. при поиске места для строительства Белгорода данный участок описывается следующим образом: «А только будет город на усть Везеницы или усть Топлины, и на тех речках по Донцу к Муравской дороге лесу только на пол версты (1 км – примечание Ю. Чендева), а то все и до Муравской дороги поле чистое» [Багaley, 1886]. Сохранности естественных границ указанного лесного массива способствовало природоохранное законодательство периода создания Белгородской черты (1635–1659 гг.), в соответствии с которым леса выполняли важную функцию защиты от нападений татар, поэтому всемерно охранялись – особенно вблизи городов-крепостей на черте [Загоровский, 1991].

Важным подтверждением неизменности нахождения рассматриваемой границы леса применительно к участку исследований является стабильность ее положения, идентифицируемая по картам разных исторических периодов, начиная с конца XVIII в. (рис. 2).

Дополнительным доказательством стабильности во времени изучаемой границы лесного массива выступает наличие на границе леса в месте проведения наших исследований старого, сильно заплывшего межевого рва с наваловкой, отмечавших рубежное положение лесного массива в далеком прошлом, – возможно, 200 и более лет назад (рис. 3). О древности межевого рва говорят старовозрастные деревья, произрастающие во рву и на наваловке: возраст некоторых растущих дубов, судя по размерам, можно оценить в 100 и более лет.



Рис. 2. Местоположение изучаемого участка (показано стрелкой) на картах XVIII, XIX и XXI вв. (на основе использования разновременных картографических материалов)

Fig. 2. Location of the key plot (has shown by red arrow) on maps of XVIII, XIX and XXI centuries (by different historical periods cartographic materials using)



Рис. 3. Граница леса и лугово-степного угодья в месте проведения исследований (А) и старый (заплывший) межевой ров с навалкой в 2 метрах от современной границы леса на участке исследования (Б). На рис. 3Б поверхность рва и навалки отмечена пунктиром

Fig. 3. Border of forest and meadow-steppe land in place of the research (A), and an old land surveying moat in 2 meters from the modern border of the forest (B). In fig. 3B surface of the surveying moat is marked by dotted line

Задачей нашего исследования выступало изучение профильного строения почв на границе между лесом и степью и в лесу – на некотором удалении от лесной опушки. Исходной рабочей гипотезой было предположение о наличии пространственных переходов между почвами черноземного и лесного генезиса на изучаемом участке, возникших в результате поступательного занятия лесом водораздела в позднем голоцене. Согласно общему установленному тренду климатически обусловленного развития лесостепного ландшафта в позднем голоцене, после начавшегося увлажнения климата в конце суббореального и в начале субатлантического периода голоцена леса продвигались на водоразделы со стороны речных долин (в нашем случае долины реки Северский Донец) и балочных систем в их правобережных частях – как наиболее типичные примеры разрастания лесов из понижений эрозионной сети в сторону водоразделов [Александровский и др., 2011].



Участок исследования почв был выбран в месте сохранившегося естественного контакта лугово-степного биогеоценоза и леса (см. рис. 1, 3А). В остальных местах лес располагается на границе с селитебными угодьями.

Главными объектами исследования являются профили зональных лесостепных почв – черноземов и серых лесных. Профили почв изучались в почвенных разрезах. Описания почв и названия им давались в соответствии с отечественной классификацией почв 1977 года [Классификация..., 1977]. Кроме разрезов вспомогательным способом идентификации генетической и классификационной принадлежности почв на изучаемом пространстве было их исследование в серии скважин, заложение которых производилось с помощью ручного бура.

Лабораторные исследования почв включали следующие методы анализов. В каждом изученном разрезе с помощью стальных колец известного объема авторами в трехкратной повторности послойно определялась плотность сложения почв. Из отобранных с противоположных стенок почвенных разрезов, а затем смешанных проб после высушивания и пробоподготовки (просеивание через сита и т. д.) в лаборатории отдела эволюции и экологии почв ИФХиБПП РАН (г. Пущино) определялись такие показатели, как: гигроскопическая влага (ГОСТ 28268-89), гранулометрический состав методом пипетки Качинского (ГОСТ 12536-2014), рН водной и солевой суспензии (ГОСТ 26423-85, 26483-85), углерод гумуса почв по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), углерод карбонатов ацидиметрическим методом. Дополнительно в лаборатории ФГБУ «ЦАС «Белгородский» (г. Белгород) в 20 см слоях почвенных профилей до глубины 1 м определялся групповой состав гумуса по ускоренной методике Кононовой-Бельчиковой². Радиоуглеродное датирование органического вещества почв и карбонатов выполнялось в Киевской радиоуглеродной лаборатории Института геохимии окружающей среды НАНУ (г. Киев, Украина) жидкостным сцинтиллятным методом. Содержание изотопа ¹⁴C измерено на низкофоновом спектрометре «Quantulus1220 T».

Результаты и их обсуждение

Профили исследованных почв (рис. 4) были изучены на абсолютно ровном водоразделе.

Проективное покрытие почвы травами лугово-степного угодья вблизи границы с лесом составляет 90–95 %. Растительность представлена следующими растениями и их обилием (по шкале Друде): овсяница – sp, тимopheевка – sp, пырей – sp, земляника – sp, подмаренник – sp gr, шалфей – sol, тысячелистник – sol, репешок – sol. Название растительной ассоциации – разнотравно-злаковая.

Краевая часть леса в своем составе содержит древесные породы основного яруса, подлесок, и местами – кустарниковый покров. В составе растительности встречены дуб черешчатый, дикая груша, боярышник, терн, бересклет бородавчатый.

Разрез 1 был заложен на границе лесной и лугово-степной растительности. Строение почвенного профиля характеризуется следующими особенностями.

A₀ – +2–0 см. Желто-бурый опад древесных листьев и веточек.

A₁ – 0–30 см. Темно-серый; комковато-зернистый; в заметном количестве содержит корни деревьев, кустарников и трав.

A_{1B} – 30–53 см. Буровато-серый, местами серовато-бурый; комковато-ореховатый с фрагментарной зернистостью; тяжелосуглинистый, близкий к глинистому; на гранях некоторых ореховатых агрегатов хорошо выражены буровато-серые пленки со слабым глянцевым блеском; местами встречаются серые слепышины; содержит редкие древесные корни.

² Кречетов П.П., Дианова Т.М. 2009. Химия почв. Аналитические методы исследования. М., МГУ, 148 с.

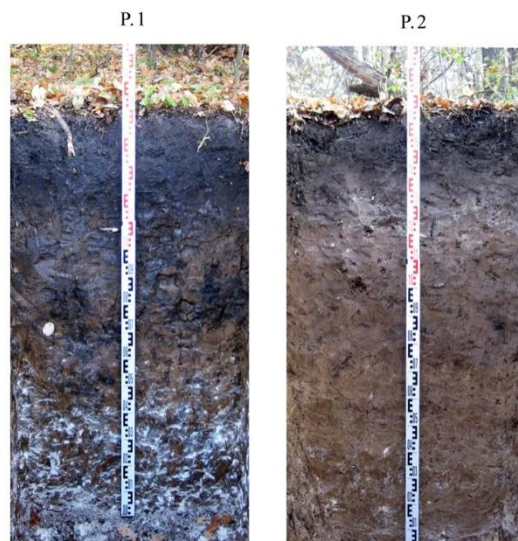


Рис. 4. Общий вид изученных почвенных профилей: P.1 – почва на границе леса и степи (приопушечный чернозем выщелоченный); P.2 – почва в лесу, 20 м от опушки (темно-серая лесная почва)

Fig. 4 The general view of the soil profiles: P.1 – soil on the border of forest and steppe (leached chernozem); P.2 – soil in forest, 20 m from the wood outer (dark-grey forest soil)

В – 53–88 см. Бурый, местами с сероватостью; комковато-крупноореховатый; глинистый; поверхность ореховатых агрегатов покрыта бурыми органо-минеральными пленками со слабым гляцевым блеском; повсеместно встречаются мелкие черные и буровато-черные железисто-марганцевые примазки; в заметном количестве содержит буро-серые и серые слепышины (рис. 5 А); встречаются редкие древесные корни.

ВСК^I – 88–110 см. Ярко бурый с желтоватостью; глыбисто-призматичный; глинистый; трещиноватый; содержит много мелких черных железисто-марганцевых примазок; встречаются белесые журавчики карбонатов обилием 1–2 штуки на 1 дм²; встречаются единичные корни деревьев.

ВСК^{II} – 110–160 см. Белесовато-желто-бурый; по набору морфологических признаков близок к гор. ВСК^I, однако в большем количестве содержит белесые журавчики размером обилием 3–4 штуки на 1 дм².

Фрагментарное слабое вскипание начинается с глубины 90 см, с глубины 110 см – повсеместное слабое, а в зоне журавчиков – бурное.

Почва – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый на бурых покровных карбонатных глинах.

Совокупность почвенных свойств, выявленных в профиле изученного чернозема, свидетельствует о лугово-степном генезисе данной почвы, важными атрибутами которого выступают темная гумусированная окраска верхней части профиля, а также заметная (особенно в средней части профиля) перерытость степными землероями – слепышами. Вместе с тем свойства чернозема отражают элементы начальной стадии лесного почвообразования в форме гляцевых пленок иллювиирования в горизонтах А1В и В и в виде пониженной линии вскипания как результата формирования здесь относительно прохладного и влажного микроклимата с лучшей затененностью и повышенной промачиваемостью профиля – на границе леса и лугово-степного угодья, характеризующейся барьерной функцией снегозадержания.

Разрез 2 был заложен в лесу, но в непосредственной близости от его опушки: расстояние между разрезами 1 и 2 составляет 20 м.

Лес постоянно произрастал на указанном участке на протяжении многих столетий. Влияние хозяйственной деятельности могло отражаться только на выборочных рубках де-

ревьев. Высота древостоя в месте исследования почвы – 15–20 м. Лесообразующая порода – дуб черешчатый. В составе древостоя также встречены редкие экземпляры дикой груши высотой 13–15 м. Диаметр стволов деревьев варьирует от 20 до 40 см. Формула древостоя: 8 д + 2 г. В подросте выявлены дуб и клен татарский. В подлеске произрастают лещина, крушина ломкая, боярышник. Кустарниковый ярус образуют достаточно густые заросли бересклета. В месте исследования лесной почвы проективное покрытие травами составляло 20–25 %. Были встречены такие травы, как мятлик лесной (sp), копытень (sp gr), сныть (sol), фиалка лесная (sol).

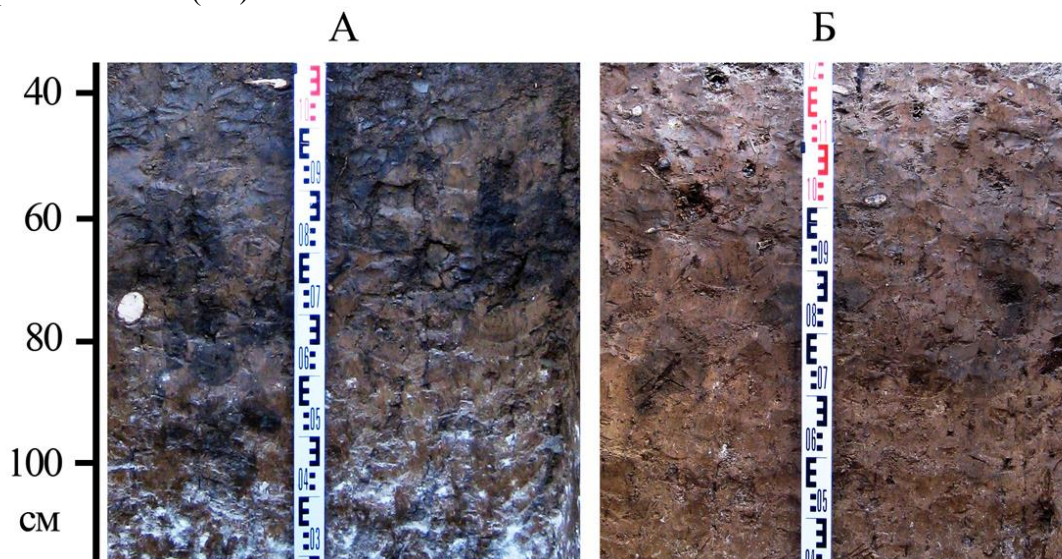


Рис. 5. Включения слепышин в виде гумусированных пятен с четкими контурами в средней части профиля чернозема в разрезе 1 (А) и включения палеослепышин на тех же глубинах в виде темных пятен с неясными (размытыми) контурами в профиле серной лесной почвы в разрезе 2 (Б)

Fig. 5. Inclusions of crotovinas in form of humified spots with abrupt boundaries in the middle part of the soil profile in the pit 1 (A), and inclusions of palaeocrotovinas on the same depth in form of dark spots with smooth boundaries in the profile of gray forest soils of the pit 2 (B)

В разрезе 2 почвенный профиль характеризовался следующим строением.

A₀ – +5–0 см. Желто-бурый опад из листьев и веток.

A₁ – 0–15 см. Серый; комковато-зернистый; среднесуглинистый; содержит копролиты червей; в заметном количестве переплетен мелкими корнями деревьев и кустарников.

A₁A₂ – 15–28 см. Белесовато-светло-серый, местами с легкой буроватостью; комковато-угловатый; среднесуглинистый, заметно пылеватый; повсеместно выражен седоватый налет скелетан; встречаются копролиты; в заметном количестве содержит корни деревьев и кустарников.

A₂B_t – 28–46 см. Белесовато-светло-серый с буроватостью; комковато-ореховатый; тяжелосуглинистый; тонкотрещиноватый; поверхность педов покрыта белесым налетом скелетан, грани ореховатых агрегатов содержат бледно-бурые гляцевые пленки и тонкие кутаны; содержит мелкие и средние корни деревьев.

B_t1 – 46–65 см. Светло-бурый, местами с белесоватостью; ореховатый; тяжелосуглинистый; тонкотрещиноватый; по вертикальным трещинам местами заметен белесоватый налет скелетан; поверхность агрегатов покрыта светло-бурыми кутанами со слабым гляцевым блеском; на гладкой зачистке заметна тонкая штриховка от мелких черных и темно-бурых железисто-марганцевых примазок; местами встречаются серо-бурые палеослепышины с неясными контурами; в заметном количестве содержит древесные корни.

B_t2h – 65–92 см. Бурый, местами темно-бурый; призматично-крупноореховатый; глинистый; тонкотрещиноватый; грани агрегатов содержат бурые, темно-бурые и шоко-

ладно-бурые органо-минеральные кутаны со слабым глянцевым блеском; много мелких черных железисто-марганцевых примазок; в заметном количестве встречаются серо-бурые палеослепышины с неясными контурами (рис. 5 Б); встречаются древесные корни.

Vt1Cк – 92–125 см. Желтовато-бурый; глыбисто-призматичный; глинистый; тонко-трещиноватый; поверхность призматичных агрегатов покрыта бурыми глянцевыми и матовыми кутанами; обилие мелких железисто-марганцевых примазок примерно такое же, как в вышележащем горизонте; с глубины 100 см местами встречаются желто-белесые трубочки карбонатов, а также редкие белесые журавчики; содержит редкие корни.

Vt2Cк – 125–160 см. Белесовато-желто-бурый; по большинству признаков аналогичен вышележащему горизонту, однако карбонаты характеризуются более яркой выраженностью и более высоким разнообразием форм: желто-белесые трубочки, на поверхности призматичных агрегатов – тонкий белесоватый налет плесени и тонкие корочки, по трещинной сети – белесые журавчики с частотой встречаемости – 1–2 штуки на 1 дм².

Слабое вскипание профиля начинается с глубины 100 см, книзу интенсивность вскипания постепенно возрастает, в местах с журавчиками вскипание становится бурным.

Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая на бурых покровных карбонатных глинах.

В строении изученной почвы нашло отражение длительное лесное почвообразование, сформировавшее элювиально-иллювиальную дифференциацию профиля с четко выраженными генетическими горизонтами и присущими ей морфологическими признаками. Однако в средней части профиля сохранились свойства степной стадии формирования данной почвы – палеослепышины, заполненные серо-бурым гумусированным суглинком. По данному признаку, а также в целом по более темной окраске данной части профиля (по сравнению с выше- и нижележащими горизонтами), горизонт Vt2h можно интерпретировать как второй гумусовый горизонт, представляющий собой реликтовую часть нижней половины гумусового профиля палеочернозема, формировавшегося до момента поселения на исследованном участке леса.

Вопрос о длительности лесного почвообразования на данном участке остается открытым. И все же имеющиеся данные, известные по результатам изучения эволюции почв в других местах лесостепи, позволяют хотя бы примерно оценить эту длительность. Согласно полученным ранее результатам, трансформация черноземов в тип серых лесных почв в результате позднеголоценового надвигания лесов на степи на придолинных участках водоразделов быстрее всего происходила на песках, супесях и легких суглинках (за 1–1,5 тысячи лет) и медленнее всего протекала на глинистых почвообразующих породах (за 2 и более тысячи лет) [Чендев, 2008]. Поэтому мы предполагаем, что лес поселился на глинистых почвообразующих субстратах изучаемого водораздела, возможно, в начале субатлантического периода голоцена (около 2,8 тысяч лет назад), когда заметно возросла влажность климата при переходе от суббореального к субатлантическому периоду голоцена. В дальнейшем могли происходить подвижки границы леса как реакция на эпизодические аридизации климата – в соответствии с представлениями о возвратных фазах остепнения лесопокрываемых территорий [Александровский и др., 2011]. Однако общая длительность лесного почвообразования на протяжении всего субатлантического периода голоцена могла здесь составить не менее 2 тысяч лет, чего было вполне достаточно для формирования из тяжелосуглинистого чернозема, сформированного на глинах, профиля серой лесной почвы.

В ряде других мест лесостепи нам встречались более поздние варианты трансформации черноземов в серые лесные почвы, когда лес занимал остепненные водоразделы в первых веках новой эры, и общую длительность лесного почвообразования в этих местах можно было оценить в 1600–1700 лет (участки Борисовка в Белгородской области и Подгорное в Липецкой области). Однако в данных случаях почвы формировались на более легких по гранулометрическому составу субстратах (суглинках), на которых эволюционная трансформация черноземов в серые лесные почвы протекала быстрее, чем на глинах.



Реконструируемая на участке «Новый» относительная древность лесного почвообразования по сравнению с другими, ранее исследованными участками юга лесостепи (сложенными суглинками, супесями и песками), не противоречит представлениям других авторов, связывающих образование островной лесостепи с гидрогеологической неоднородностью почвообразующих пород. Так, в соответствии с представлениями Г.П. Сурмача [1987], места первоочередного заселения лесами территорий и формирования там серых лесных почв соответствуют участкам с неоднородными слоистыми почвообразующими породами, часто имеющими близкое к поверхности (на глубине 1–2 м) залегание водоупоров, на которых задерживается атмосферная влага, продуктивно используемая корневыми системами деревьев. Такими водоупорами служат водонепроницаемые породы и, в том числе, глины. По мнению Г.П. Сурмача [1987], лугово-степная растительность с черноземными почвами пространственно соответствует местам распространения пород с лучшей фильтрационной способностью, каковыми, в частности, являются широко распространенные трещиноватые и пористые покровные лёссовидные суглинки. Согласно существующим представлениям [Климанов, Серебрянная, 1986; Серебрянная, 1992; Alexandrovski et al., 2022; и др.], на территории южной половины лесостепи центра Восточной Европы климат среднего голоцена был засушливее современного и преобладающим типом растительности в это время были степи на черноземах. Формирование зонального типа ландшафтов широколиственных лесов в лесостепи началось позднее – в обстановке позднеголоценового увлажнения климата. Именно тогда, по нашему мнению, леса могли достаточно быстро заселить участки распространения глинистых почвообразующих пород, а уже затем (возможно, многими столетиями позднее) – участки распространения пород с более легким гранулометрическим составом (на этих породах происходила относительно быстрая фильтрация выпадавших атмосферных осадков, что создавало экологически неблагоприятные условия для быстрого освоения этих мест лесной растительностью).

Таким образом, с учетом вывода о первичности степей и вторичности лесов как зональных растительных группировок лесостепи, выявленную нами пространственную смену приопушечного чернозема серой лесной почвой в лесу мы предлагаем рассматривать как модель эволюционной трансформации чернозема в серую лесную почву, т. е. как почвенный хроноряд, реализованный на покровных карбонатных глинах.

Анализ морфологических признаков изученных почв дополняется результатами анализа их физических, физико-химических и химических свойств (рис. 6). В соответствии с этими данными, главные отличия между сравниваемыми почвами состоят в обеднении верхней части профиля серой лесной почвы илом и остаточным накоплении физического песка (две верхние схемы на рис. 6), в подкислении профиля серой лесной почвы, особенно выразительном в слое 20–70 см (горизонты A1A2t, A2B, Bt1) (две средние схемы на рис. 6), в снижении содержания углерода органического вещества (гумуса), а также в понижении максимума содержания углерода карбонатов в профиле серой лесной почвы в разрезе 2 по сравнению с черноземом, изученным в разрезе 1 (см. рис. 6).

Более точная идентификация произошедших эволюционных изменений чернозема в серую лесную почву была установлена при пересчете содержания изучаемых показателей в их запасы (табл. 1), а также при проведении дополнительных исследований группового состава гумуса и определении абсолютного возраста углерода органического вещества и карбонатов (табл. 2, 3).

Из тонких гранулометрических фракций наиболее очевидные изменения между сравниваемыми почвами наблюдались в профильном распределении ила (см. табл. 1). Если по запасам ила в профиле приопушечного чернозема коэффициент текстурной дифференциации равен 3,1 (по отношению запасов в самой обогащенной части профиля (слой 80–100 см) к самой обедненной (слой 0–20 см)), то в профиле серой лесной почвы данный коэффициент равен 7,2.

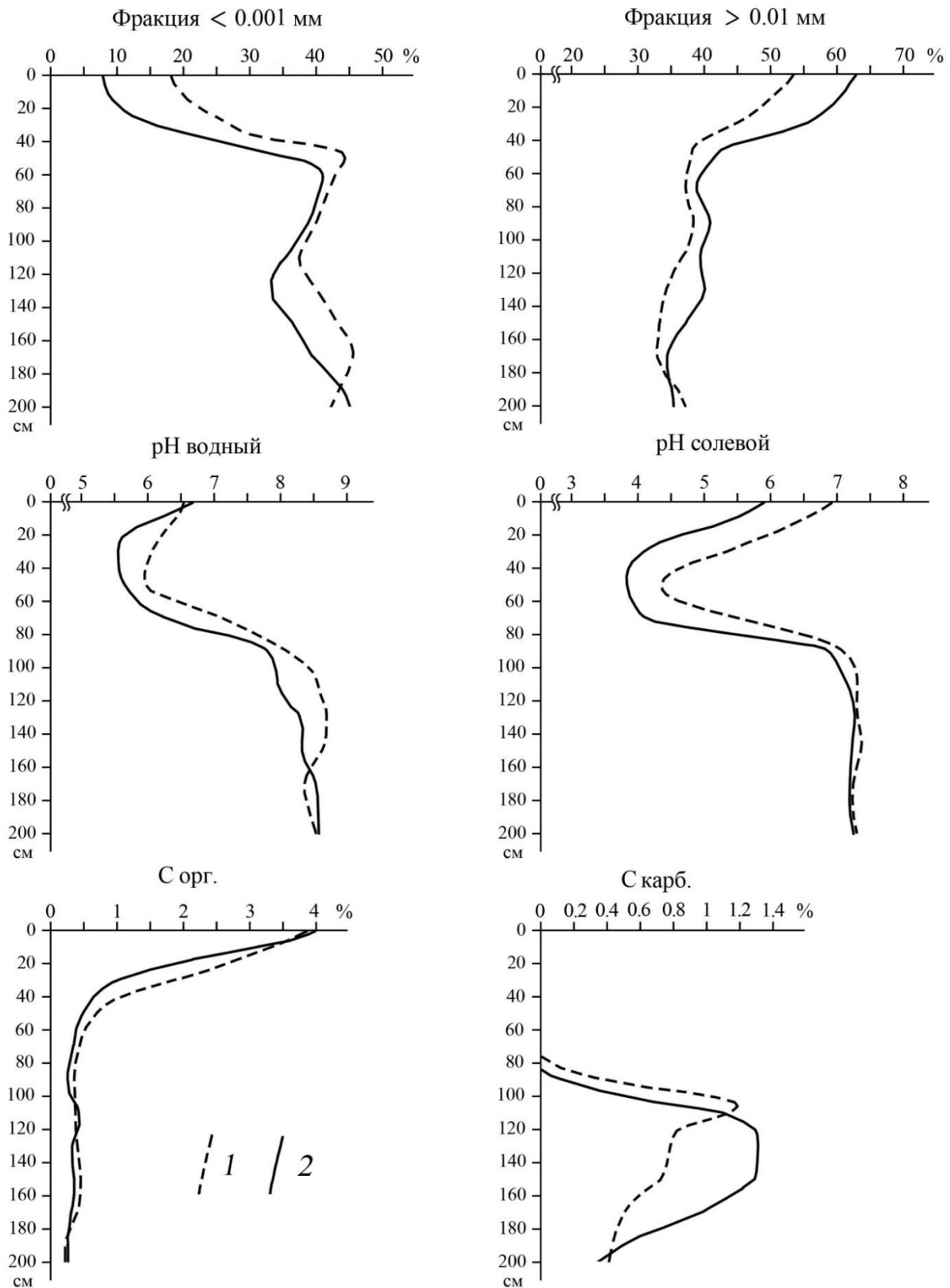


Рис. 6. Графики профильного распределения ряда свойств в изученных почвах.
Условные обозначения: 1 – распределение в профиле чернозема (P.1);
2 – распределение в профиле серой лесной почвы (P.2)
Fig. 6. Graphs of the profile distribution of a number of properties in the studied soils.
Symbols: 1 – distribution in the chernozem (P.1); 2 – distribution in the gray forest soil (P.2)

Таблица 1
Table 1

Запасы ряда показателей в изученных почвах
Stocks of a number of indicators in the studied soils

Слой, см	Гранулометрические фракции, кг/м ²			Углерод, кг/м ²	
	0,005–0,001 мм	< 0,001 мм	< 0,01 мм	гумуса	карбонатов
Разрез 1 (чернозем)					
0–20	49,07	48,07	117,46	8,56	0
20–40	54,55	74,63	150,97	5,51	0
40–60	50,82	138,00	193,13	2,34	0
60–80	51,93	146,40	218,30	1,64	0
80–100	65,65	148,12	226,43	1,44	1,29
100–120	62,05	140,36	235,81	1,50	4,53
120–140	71,50	149,84	244,55	1,71	3,12
140–160	60,79	157,54	243,47	1,77	2,87
160–180	59,30	165,98	242,61	1,71	2,00
180–200	53,21	156,20	228,89	0,86	1,62
0–100	272,02	555,22	906,29	19,76	1,29
0–200	578,87	1325,14	2101,61	27,31	15,43
Разрез 2 (серая лесная почва)					
0–20	41,98	19,06	82,91	6,84	0
20–40	53,54	49,08	131,45	3,25	0
40–60	49,99	119,20	188,63	1,75	0
60–80	53,53	137,30	206,42	1,25	0
80–100	51,21	133,42	203,90	1,00	0,48
100–120	64,38	125,03	212,47	1,48	4,01
120–140	80,64	111,85	215,46	1,22	5,00
140–160	68,15	133,18	230,11	1,44	5,08
160–180	68,29	147,66	243,55	1,27	3,70
180–200	60,88	167,54	246,58	1,06	2,01
0–100	250,25	458,06	813,31	14,09	0,48
0–200	592,59	1143,32	1961,48	20,56	20,28

Таблица 2
Table 2

Групповой гумус в профилях изученных почв
The group composition of humus in the profiles of the studied soils

Глубина, см	С общ, %	С гк, %	С фк, %	С гумина, %	Сгк/Сфк
Разрез 1 (чернозем)					
0–20	3,41	1,38	0,66	1,37	2,08
20–40	1,94	0,80	0,31	0,83	2,59
40–60	0,69	0,29	0,13	0,27	2,18
60–80	0,44	0,14	0,14	0,15	1,01
80–100	0,36	0,05	0,12	0,19	0,41
Разрез 2 (серая лесная почва)					
0–20	3,14	1,64	0,84	0,66	1,94
20–40	1,07	0,61	0,26	0,20	2,29
40–60	0,51	0,14	0,25	0,11	0,58
60–80	0,35	0,04	0,21	0,10	0,19
80–100	0,27	0,02	0,19	0,07	0,10

Таблица 3
Table 3Радиоуглеродный возраст гумуса и карбонатов в изученных почвах
Radiocarbon age of humus and carbonates in the studied soils

Глубина, см	Датирующий материал	Лабораторный номер	Радиоуглеродный (^{14}C) некалиброванный возраст, лет назад (BP)*
Разрез 1 (чернозем)			
20–25	гумус	Ki-19899	780 ± 60
40–45	гумус	Ki-19900	2920 ± 90
80–85	гумус	Ki-19920	3550 ± 140
100–110	карбонаты	Ki-20013	8340 ± 140
190–200	карбонаты	Ki-20014	7420 ± 210
Разрез 2 (серая лесная почва)			
20–25	гумус	Ki-19910	1210 ± 70
40–45	гумус	Ki-19915	2740 ± 110
80–85	гумус	Ki-19921	3010 ± 80
90–100	карбонаты	Ki-20012	11490 ± 150
190–200	карбонаты	Ki-19922	8970 ± 140

*Радиоуглеродные даты принято давать в годах назад от 1950 г (BP – before present).

В профиле серой лесной почвы инверсия по возрасту карбонатов между верхней и нижними частями карбонатного профиля становится еще более выразительной: на глубине 90–100 см возраст составляет 11490 ± 150 лет, а на глубине 190–200 см – 8970 ± 140 лет (см. табл. 3).

Обеднение илом в процессе эволюционного преобразования чернозема в серую лесную почву происходило в слое 0–60 см, что соответствует суммарной мощности горизонтов A1, A1A2, A2Bt и верхней части Bt1. При этом максимальные потери ила были характерны для верхнего 20 см слоя почв, а к низу объемы потерь заметно уменьшались. С учетом различий по послойно определенным коэффициентам текстурной дифференциации сравниваемых почвенных профилей, объем общего выноса ила из верхней части профиля чернозема в процессе его преобразования в серую лесную почву мог составить в слое 0–20 см – 27 кг/м^2 , в слое 20–40 см – 21 кг/м^2 , в слое 40–60 см – 9 кг/м^2 . При расчетах учитывалось естественное пространственное варьирование запасов гранулометрических фракций, выявляемое при сравнении разрезов 1 и 2 (см. табл. 1). Исходя из этого, запасы ила в слое его максимальной концентрации в профиле серой лесной почвы (60–80 см) для расчетов принимались равными среднему значению между показателями почв в разрезах 1 и 2. Учитывая, что предположительный возраст лесного почвообразования, сформировавшего профиль серой лесной почвы в разрезе 2, составляет около 2000 лет, ориентировочные темпы выноса ила можно принять равными: для слоя 0–20 см – $0,14 \text{ кг/м}^2$ каждые 10 лет, а для слоя 0–60 см – $0,29 \text{ кг/м}^2$ каждые 10 лет.

Известно, что кроме илистой фракции в процессе лессиважа также может участвовать фракция мелкой пыли [Тонконогов, 1999]. Однако в нашем случае не выявляется существенных изменений запасов данной фракции (0,005–0,001 мм) за исключением самого верхнего 20 см слоя, в котором в профиле серой лесной почвы произошло обеднение на 7 кг/м^2 мелкой пыли по сравнению с черноземом (см. табл. 1).

Сравнительный анализ запасов углерода карбонатов и гумуса в профилях изученных почв позволил установить следующие тенденции.



При сравнении изучаемых почв дегумификация в профиле серой лесной почвы выявляется до глубины 1,8 м: в метровой толще различия в запасах углерода органического вещества почв составляют $5,7 \text{ кг/м}^2$, что эквивалентно снижению запасов гумуса с 341 т/га в черноземе до 243 т/га в серой лесной почве, а в 2-метровой толще рассматриваемые различия составляют $6,8 \text{ кг/м}^2 \text{ C орг.}$, 471 т/га и 354 т/га гумуса соответственно (см. табл. 1). Средние темпы дегумификации в метровой части профиля почв за период трансформации чернозема в серую лесную почву могли составить $0,029 \text{ кг/м}^2$ или 290 кг/га почвенного органического вещества за 10 лет.

Перестройка группового состава гумуса как следствие трансформации чернозема в серую лесную почву (см. табл. 2) сопровождалась сужением отношения Сгк:Сфк на всю глубину профиля, причем заметнее всего в средней части профиля – в слое 40–80 см, где происходило максимальное подкисление почвы (см. рис. 6). Нами также обнаружено профильное снижение абсолютного содержания углерода гумина в результате эволюционного перехода чернозема в серую лесную почву (см. табл. 3), несмотря на то, что гумин считается одним из самых устойчивых компонентов гумуса почв [Дергачева, 2018].

Рассматривая эволюционную перестройку группового гумуса в профиле почв как результат надвигания леса на степь и соответствующей этому трансформации черноземов в серые лесные почвы, следует заметить, что сужение отношения Сгк:Сфк в самом верхнем 20 см слое (аналогичное выявленному в приопушечном черноземе, см. табл. 2), может происходить уже в первые десятилетия поселения лесной растительности на черноземах, что подтверждают проведенные нами ранее исследования черноземов под полезащитными лесополосами в агролесомелиоративных ландшафтах Белгородской области и на участке Ямской степи, где было выявлено занятие лесом степи на плакоре за период 30–75 лет.

Радиоуглеродный возраст гумуса идентичных слоев изученных профилей чернозема и серой лесной почвы характеризуется различиями: в верхней части профиля (на глубине 20–25 см) возраст гумуса серой лесной почвы увеличивается по сравнению с черноземом, а в глубже расположенных слоях формируется противоположная тенденция – возраст гумуса в серой лесной почве уменьшается по сравнению с показателями чернозема (см. табл. 3). Для точного выяснения причин установленных изменений требуется проведение дополнительных исследований.

Можно предположить, что рост возраста почвенного органического вещества в верхних слоях серой лесной почвы мог быть вызван замедлением углеродного обмена почвы с атмосферой в связи со сменой условий почвообразования с лугово-степного на широколиственно-лесной. Также не исключено формирование более мобильного гумуса в лесной обстановке и нисходящая миграция новообразованных гумусовых веществ, которые участвовали в «омоложении» органического вещества средней части профиля почвы – на глубинах 40–85 см (см. табл. 3). Неслучайно при обсуждении генезиса серых лесных почв отмечается миграционная природа гумуса в их профилях [Ахтырцев, 1979; Пономарева, Плотникова, 1980; и др.].

При сравнительной характеристике чернозема и серой лесной почвы мы уже указывали на смещение вниз максимума распространения карбонатов в профиле серой лесной почвы (см. рис. 6, табл. 1), что могло быть обусловлено усилением интенсивности выщелачивания верхней части карбонатного профиля в лесной обстановке.

Вместе с тем обеднение карбонатами (что определяется по их запасам) в серой лесной почве идентифицируется только в слое 80–120 см, а в более глуболежащих слоях отмечается накопление карбонатов по сравнению с приопушечным черноземом (см. табл. 1).

Установленное накопление карбонатов в слое 120–200 см серой лесной почвы, на наш взгляд, связано не только с их перераспределением в нижнюю часть профиля в результате выщелачивания из слоя 80–120 см, что эквивалентно обогащению на $1,33 \text{ кг/м}^2$ углерода карбонатов (по данным табл. 1). Более существенная прибавка запасов карбонатов (дополнительно $4,85 \text{ кг/м}^2$ углерода карбонатов) была связана с влиянием другого

процесса. Раскрытию причины помогает сравнительный анализ радиоуглеродного возраста карбонатов на самом верхнем (90–110 см) и самом нижнем, доступном для наблюдений (190–200 см), уровнях их распространения. В профиле приопушечного чернозема на верхнем уровне возраст карбонатов составляет 8340 ± 140 лет, тогда как на глубине 190–200 см – 7420 ± 210 лет (см. табл. 3). Увеличение возраста карбонатов в верхней части карбонатного профиля может свидетельствовать о подтяжке древних карбонатов снизу и главным агентом этой подтяжки, вероятнее всего, являются корневые системы деревьев.

Таким образом, за период трансформации чернозема в серую лесную почву в верхней части карбонатного профиля радиоуглеродный возраст карбонатов увеличился на 3150 лет, а в нижней части карбонатного профиля – на 1550 лет (т. е. вдвое меньше). Указанные закономерности, по нашему мнению, вызваны эффектом корневой десукции и подтяжкой (благодаря десукции) древних карбонатов в верхнюю часть карбонатных профилей изученных почв, причем данный процесс развивается во времени, о чем свидетельствует увеличение радиоуглеродного возраста карбонатов в профиле серой лесной почвы по сравнению с таковым в черноземе. Судя по вертикальной инверсии возраста карбонатов, более активно корневая десукция проявляет себя на глубинах 90–110 см и менее активно – в слое 190–200 см, что вполне закономерно, учитывая снижение запасов живой массы корней деревьев в более глубоких почвенных слоях.

Заключение

Проведенное исследование позволило установить направленность и интенсивность ряда почвообразовательных процессов как результата эволюционной трансформации чернозема в серую лесную почву на участке ровного водораздела с почвообразующими породами, представленными бурыми покровными карбонатными глинами.

1. Пространственную смену приопушечного чернозема выщелоченного темно-серой лесной почвой в лесу (на удалении 20 м от опушки) предлагается рассматривать как модель позднеголоценовой эволюции почв в результате надвигания леса на степь, а саму пару сравниваемых почв – как почвенный хроноряд. О степном прошлом темно-серой лесной почвы свидетельствуют палеослепышины в ее профиле (следы степных землероев), а также второй гумусовый горизонт, являющийся остатком нижней половины гумусированной части профиля палеочернозема. Ориентировочный возраст лесного почвообразования, сформировавшего изученную темно-серую лесную почву на глинах, принят равным 2000 лет.

2. Эволюционная трансформация чернозема в серую лесную почву сопровождалась снижением мощности гумусированной части профиля (с 53 до 28 см), формированием элювиально-иллювиальной дифференциации профиля, развитием лессиважа и выносом ила из слоя 0–60 см, подкислением профиля (особенно интенсивным в слое 20–70 см), дегумификацией почвенного профиля, формированием более фульватного типа гумуса, выщелачиванием от карбонатов в слое 80–120 см и корневой подтяжкой карбонатов в слое 120–200 см.

3. В соответствии с выдвинутым предположением, территории распространения глинистых почвообразующих пород на юге лесостепной зоны являлись участками первоочередного заселения лесами степных геосистем в результате позднеголоценового увлажнения и похолодания климата. Важным фактором распространения на этих участках лесов было застаивание влаги выпадавших атмосферных осадков или после снеготаяния. Здесь формировались экологически благоприятные условия для поселения лесной растительности в связи с более продуктивным использованием почвенной влаги корнями деревьев по сравнению с почво-грунтами более легкого гранулометрического состава.



Список литературы

- Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Трубицын М.А. 2011. Палеопочвенные индикаторы изменчивости экологических условий Центральной лесостепи в позднем голоцене. Известия РАН. Серия географическая, 6: 87–99.
- Ахтырцев Б.П. 1979. Серые лесные почвы Центральной России. Воронеж, Издательство Воронежского университета, 232 с.
- Багалей Д.И. 1886. Материалы для истории колонизации и быта степной окраины Московского государства (Харьковской и отчасти Курской и Воронежской губ.) в XVI–XVIII столетии. Харьков, 358 с.
- Дергачева М.И. 2018. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск, Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 292 с. DOI: 10.15372/SYSTEM2018DMI.
- Добровольский Г.В. 1983. «Русский чернозем» и его значение в развитии почвоведения. Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. М., Наука, 304 с.
- Загоровский В.П. 1991. История вхождения Центрального Черноземья в состав Российского государства в XVI веке. Воронеж, Издательство Воронежского университета, 270 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М., Колос, 223 с.
- Климанов В.А., Серебрянная Т.А. 1986. Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене. Известия АН СССР. Серия географическая, 1: 26–37.
- Когут Б.М., Семенов В.М. 2020. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 102: 103–124. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124.
- Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичев Б.А., Черкинский А.Е., Чичагова О.А. 1988. Возраст и эволюция черноземов. М., Наука, 144 с.
- Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. 2008. М., Издательство ЛКИ, 687 с.
- Пономарева В.В., Плотникова Т.А. 1980. Гумус и почвообразование. Л., Наука, 222 с.
- Серебрянная Т.А. 1992. Динамика границ Центральной лесостепи в голоцене. В кн.: Вековая динамика биогеоценозов. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. М., Наука: 54–71.
- Сурмач Г.П. 1987. О распределении растительных формаций и серых лесных и черноземных почв лесостепи в связи с особенностями литологического строения лессовых пород. Почвоведение, 1: 7–16.
- Тонконогов В.Д. 1999. Глинисто-дифференцированные почвы Европейской России. М., Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 156 с.
- Чендев Ю.Г. 2008. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М., ГЕОС, 212 с.
- Чендев Ю.Г. 2019. Стадийность эволюционной трансформации лесостепных черноземов в серые лесные почвы. В кн.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VIII Международной научной конференции, 22–25 октября 2019, Белгород, Издательский дом «Белгород»: 187–191.
- Alexandrovski A.L., Chendev Yu.G., Yurtaev A.A. 2022. Soils with a Second Humus Horizon, Paleochernozems and History of Pedogenesis on the Border between Forest and Steppe Areas. Eurasian Soil Science, 55 (2): 127–146. DOI: 10.1134/S1064229322020028.
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golueva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. 2018. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. Quaternary International, 502 (B): 197–217. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.05.016.

References

- Alexandrovsky A.L., Chendev Yu.G., Trubitsin M.A. 2011. Paleo Soil Indicators of Changes in Ecological Conditions in the Central Forest-Step in Late Holocene. Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya, 6: 87–99 (in Russian).
- Akhtyrtsev B.P. 1979. Seryye lesnyye pochvy Tsentralnoy Rossii [Gray Forest Soils of the Central Russia]. Voronezh, Publ. Voronezh university, 232 p.

- Bagaley D.I. 1886. Materialy dlya istorii kolonizatsii i byta stepnoy okrainy Moskovskogo gosudarstva (Kharkovskoy i otchasti Kurskoy i Voronezhskoy gub.) v XVI–XVIII stoletii [Materials for the history of settlement and life on the steppe boundary of the Moscow state (Kharkiv and partially Voronezh provinces) during XVI–XVIII centuries]. Kharkov, 358 p.
- Dergacheva M.I. 2018. The System of Humic Substances as a Basis for the Diagnosis of Paleosols and the Reconstruction of the Paleo-Natural Environment. Novosibirsk, Publ. Siberia Branch of RAS, 288 p. (in Russian). DOI: 10.15372/SYSTEM2018DMI.
- Dobrovolskiy G.V. 1983. «Russkiy chernozem» i ego znachenie v razvitiy pochvovedeniya. Russkiy chernozem – 100 let posle Dokuchayeva [The “Russian Chernozem”, and its significance for development of Soil Science. The Russian Chernozem – 100 years after Docuchaev]. Moscow, Publ. Nauka, 304 p.
- Zagorovskiy V.P. 1991. Istoriya vkhozheniya Tsentralnogo Chernozemia v sostav Rossiyskogo gosudarstva v XVI veke [The history of the entry of the Central Chernozem region into the Russian state in the XVI century]. Voronezh, Publ. Voronezh university, 270 p.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. 1977. Moscow, Publ. Kolos, 223 p.
- Klimanov V.A., Serebryannaya T.A. 1986. Izmeneniya rastitelnosti i klimata na Srednerusskoy vozvysheynosti v golotsene [Changes in the Vegetation and Climate of the Central Russian Upland in the Holocene]. Izvestia Akademii Nauk SSSR. Seriya Geograficheskaya, 1: 26–37.
- Kogut B.M., Semenov V.M. 2020. Estimation of Soil Saturation with Organic Carbon. Dokuchaev Soil Bulletin, 102: 103–124 (in Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124.
- Margolina N.Ya., Aleksandrovskii A.L., Il'ichev B.A., Cherkinskii A.E., Chichagova O.A. 1988. Vozrast i evolyutsiya chernozemov [Age and Evolution of Chernozems]. Moscow, Publ. Nauka, 144 p.
- Pamyat pochv: Pochva kak pamyat biosferno-geosferno-antroposfernykh vzaimodeystviy [Soil memory: Soil as a memory of biosphere-Geosphere-Anthroposphere interactions]. 2008. Moscow, Publ. LKI, 687 p.
- Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. 1980. Gumus i pochvoobrazovaniye [Humus and Soil Formation]. Leningrad, Publ. Nauka, 222 p.
- 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.
- Surmach G.P. 1987. O raspredelenii rastitelnykh formatsiy i serykh lesnykh i chernozemnykh pochv lesostepi v svyazi s osobennostyami litologicheskogo stroyeniya lessovykh porod [Distribution of plant communities and gray forest soils and forest-steppe chernozems as related to specific lithological structure of loess sediments]. Pochvovedenie, 1: 7–16.
- Tonkonogov V.D. 1999. Glinisto-differentsirovannyye pochvy Evropeyskoy Rossii [Clay-Differentiated Soils of European Russia]. Moscow, Publ. Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 156 p.
- Chendev Yu.G. 2008. Evolyutsiya lesostepnykh pochv Srednerusskoy vozvysheynosti v golotsene [Evolution of Forest-Steppe Soils of the Central Russian Upland in the Holocene]. Moscow, Publ. GEOS, 212 p.
- Chendev Yu.G. 2019. Stadiynost evolyutsionnoy transformatsii lesostepnykh chernozemov v seryye lesnyye pochvy [Stages of the evolutionary transformation of forest-steppe chernozems into gray forest soils]. In: Problemy prirodopolzovaniya i ekologicheskaya situatsiya v Evropeyskoy Rossii i na sopredelnykh territoriyakh [Problems of nature management and the ecological situation in European Russia and adjacent territories]. Materials of the VIII International Scientific Conference, 22–25 October 2019, Belgorod, Publ. “Belgorod”: 187–191.
- Alexandrovskiy A.L., Chendev Yu.G., Yurtaev A.A. 2022. Soils with a Second Humus Horizon, Paleochernozems and History of Pedogenesis on the Border between Forest and Steppe Areas. Eurasian Soil Science, 55 (2): 127–146. DOI: 10.1134/S1064229322020028.
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golueva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. 2018. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. Quaternary International, 502 (B): 197–217. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.05.016.



*Поступила в редакцию 15.02.2022;
поступила после рецензирования 03.03.2022;
принята к публикации 17.03.2022*

*Received February 15, 2022;
Revised March 03, 2022;
Accepted March 17, 2022*

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, доцент, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Салова Татьяна Леонидовна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Белеванцев Валерий Григорьевич, старший преподаватель 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 of Science (Geography), Associate Professor, Professor of Department of Natural Resources and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Tatyana L. Salova, PhD student, Department of Geography, geocology and life safety, Institute of Earth Sciences, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Valeriy G. Belevantsev, Assistant Professor of Department of Natural Resources and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod National Research University, Belgorod, Russia