

Научная статья

УДК 631.48

doi: 10.17223/19988591/66/2

Генетические особенности лесостепных почв с осветленным горизонтом (на примере почвы западины Окско-Донской низменности)

Мария Андреевна Смирнова¹, Оксана Олеговна Плотникова²,
Данила Романович Бардашов³, Елена Вячеславовна Терская⁴

^{1, 2, 3} Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

^{1, 3, 4} Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-5256-4348> summerija@yandex.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>, mrs.plotnikova@mail.ru

³ <https://orcid.org/0009-0007-2425-1911>, bardashovdr@my.msu.ru

⁴ elena_terskaya@mail.ru

Аннотация. В западинах лесостепи формируются уникальные почвы, резко отличающиеся по своим свойствам от зональных черноземов наличием светлого кислого горизонта и отсутствием карбонатов. По набору диагностических горизонтов почвы западины более всего соответствуют дальневосточным подбелам, однако факторы почвообразования и режимы этих почв, а следовательно, и генезис, заметно отличаются. Статья посвящена интерпретации генезиса и диагностике почвы центра западины (Окско-Донская низменность) на базе сопряженного анализа ее макро- и микроморфологических, химических (общий углерод, минерализация и состав водной вытяжки, формы железа), физических (гранулометрический состав) и физико-химических (рН, емкость катионного обмена, состав обменных катионов) свойств, значений коэффициентов степени гидроморфизма и Швертмана. Выявлено, что ведущим процессом формирования осветленного горизонта является глеево-элювиальный, диагностируемый на макро- и микроморфологическом уровне обилием в нем конкреций, наличием кутан в нижележащем горизонте и на основании расчетов коэффициентов Швертмана гидроморфизма; дополнительным фактором может являться присутствие обменного натрия (до 14% от емкости катионного обмена). Набор горизонтов АН–ЕLh₁g–BTg частично соответствует солоди перегнойно-темногумусовой квазиглеевой, подбелу темногумусовому глееватому и отсутствует в Классификации почв России; для таких почв предложено выделение типа перегнойно-темногумусовых оподзоленных глеевых почв.

Ключевые слова: черноземовидные оподзоленные почвы, подбелы, солоды, микроморфология, глей, Тамбовская область

Источник финансирования: работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 22-77-10062 «Гидрологическая и секвестрационная функции почв западного комплекса лесостепи».

Благодарность: авторы выражают благодарность главе крестьянско-фермерского хозяйства Александру Федоровичу Толмачеву за содействие в проведении полевых исследований.

Для цитирования: Смирнова М.А., Плотникова О.О., Бардашов Д.Р., Терская Е.В. Генетические особенности лесостепных почв с осветленным горизонтом (на примере почвы западины Окско-Донской низменности) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 66. С. 22–41. doi: 10.17223/19988591/66/2

Genetic features of forest-steppe soils with albic horizon: a case study in the Oksko-Don Lowland

Maria A. Smirnova¹, Oksana O. Plotnikova²,
Danila R. Bardashov³, Elena V. Terskaya⁴

^{1, 2, 3} FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,

^{1, 3, 4} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

¹ <https://orcid.org/0000-0002-5256-4348> summerija@yandex.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>, mrs.plotnikova@mail.ru

³ <https://orcid.org/0009-0007-2425-1911>, bardashovdr@my.msu.ru

⁴ elena_terskaya@mail.ru

Summary. In the closed depressions of the forest-steppe, unique soils form that differ significantly in their properties from the zonal Chernozems. These soils have a light-colored, acidic Albic horizon and the complete absence of carbonates. They resemble podbels, which are formed in the southern Far East of Russia, with their different soil-forming processes, regimes, and genesis. The aim of this study is to interpret the genesis of the soils in the center of the closed depression by analyzing their morphological, micromorphological, chemical, physical, and physico-chemical properties. This will help to determine the main diagnostic criteria for their classification. The depression is located in the Oka-Don Lowland, in Tambov Oblast (52.0398°N, 41.1839°E, *See Fig. 1a*). We collected a total of 39 samples, from three walls of soil pit, at 10-centimeter intervals, to a depth of 130 centimeters. For micromorphology, we took samples from all genetic horizons, in triplicate (12 samples). In the pre-dried and homogenized samples, we determined pH values, total dissolved salts and soluble salt content (conductivity), particle size distribution (laser granulometry, with preliminary ultrasonic treatment at an energy level of 450 joules per milliliter), total carbon (by dry combustion), cation exchange capacity, exchangeable cation composition (using Pfeffer's method), and iron content in oxalate extracts (Tamm's method) and dithionite-citrate extracts (Mehra-Jackson method). We also calculated the Schwertmann ratio and the degree of hydromorphism were calculated as indicators of soil overmoisture. The diagnostic properties of the studied soil (*See Fig. 1b*) include: (1) a thick (30 cm) mollic horizon, rich in organic carbon, with a loosely aggregated structure and varying degrees of organic matter decomposition; this horizon is overlain by a (2) light-colored albic horizon, which has signs of humus leaching and contains up to 5% of small-sized iron-rich concretions, and (3) an illuvial horizon that has a weaker structure and a higher concentration of concretions than the overlying horizon. This horizon also has cutans along the edges of ped. The soil demonstrates a sharp decrease in carbon and a gradual increase in pH from slightly acidic to neutral values with depth (*See Fig. 2*). The middle part of the profile has a slightly higher clay content compared to the mollic horizon. The top 10 cm of the soil contains soluble salts at a concentration of 106 mg/L (0.14% of soil dry mass), classifying this layer as slightly saline and chloride-magnesium. However, at the lower boundary of the soil surface (20-30 cm), the salt content drops sharply to 27 mg/L (0.04% of the dry soil mass) and does not exceed 50 mg/L in deeper layers, indicating that the soil is not saline. The anion-cation composition of the soil in the depression remains consistent throughout the profile. There are two peaks in the cation exchange capacity, one in the humus layer and another at a depth of 100-130 centimeters. This latter peak is likely due to an increase in exchangeable Ca²⁺, which is probably caused by its influx from solutions in the underlying carbonate parent material. The relatively high content of soluble salts and exchangeable sodium in the topsoil can be

attributed to lateral water flow from surrounding depressions with solonetz and meadow-chernozem soils. Based on the Schwertmann's and hydromorphic criteria, the upper part of the soil profile, particularly the mollic and albic horizons, experience prolonged surface overmoisture. These coefficients decrease sharply in the gleic horizon. Based on a comprehensive study of soil properties, we can conclude that the light-colored horizon of the depression soil we studied is predominantly eluvio-gleyic in nature, with concretions (*See Fig. 3 d, f*) and cutans (*See Fig. 3 c, e*). In the underlying horizon, Schwertmann and hydromorphic criteria indicate seasonal surface overmoistening and periods of drying. The additional factor contributing to the formation of the light-colored horizon may be the presence of sodium in the upper horizons of the soil-absorbing complex, ranging from 4 to 14%. The soil profile formula of the studied depression soil is AH- AHel-ELhi,g-BTg (according to WRB, Ah-Eg-Btg); in terms of the genetic horizons it is absent in the Russian Soil Classification, partially corresponding to dark-humus pseudo-gleyic (AH-EL-BTg-BCA-Q; Calcic Albic Mollic Planosol, A-Eg-Bt-Bk-Bgk), dark-humus podbel gleyic (AU-ELg-BTg; Mollic Albic Stagnosol, A-Eg-Btg). Unlike the dark-humus pseudo-gleyic soil, the studied soil does not contain carbonates, which are leached from the soil due to its large catchment area (55 hectares). Different from dark-humus podbel gleyic, the studied soil differs in the nature of the upper horizon and less pronounced processes of iron segregation in the lightened horizon (a lower quantity of concretions). We hypothesize that the water regime of the depression soils is less contrasting, with a smoother alternation of periods of overmoistening and drying compared to the podbels of the Far East, which may explain the lower quantity of concretions in the depression soil. Following the classical tradition of Russian soil science – reflection of the major soil-forming processes in the soil name – the studied depression soil can be termed as dark-humus elluvial gleyeic. With the expansion of soil studies in depressions and the identification of soils with a similar profile structure, introduction of an independent type of peat-dark-humus gleic soils into the Russian Soil Classification may be proposed.

The article contains 3 Figures, 41 References.

Keywords: Mollic Albic Stagnosol, Luvic Planosols, soil micromorphology, gley, Tambov Oblast

Fundings: This work was supported by the Russian Science Foundation (Project No. 22-77-10062, “Hydrological and carbon sequestration soil functions of topographic depressions in the forest-steppe region”).

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the head of the farm, Alexander Fedorovich Tolmachev, for his assistance in conducting field research.

For citation: Smirnova MA, Plotnikova OO, Bardashov DR, Terskaya EV. Genetic Features of Forest-Steppe Soils with Albic Horizon: A Case Study in the Oksko-Don Lowland. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2024;66:22-41. doi: 10.17223/19988591/66/2

Введение

Почвы лесостепи с осветленным горизонтом имеют давнюю историю изучения – начиная со времен экспедиций В.В. Докучаева и его учеников [1]. Они формируются в днищах западин в условиях дополнительного увлажнения – как поверхностного (поступающего с латеральным стоком с окружающих пространств) после снеготаяния и интенсивных дождей, так и грунтового [2]. Помимо наличия осветленного горизонта, эти почвы резко отличаются особенностями водного режима от окружающих их черноземов

водораздельных пространств: почвы западин длительно переувлажнены – они могут быть затоплены водой на период более 3 месяцев [3, 4]. В условиях лесостепи эти почвы играют важную гидрологическую функцию – переводя поверхностный сток во внутритпочвенный, они поддерживают уровень грунтовых вод окружающей территории [5].

Большой вклад в изучение почв лесостепных западин с осветленным горизонтом внесли работы, выполненные под руководством Н.И. Базилевич [6, 7], Е.М. Самойловой [2, 8, 9], Ф.Р. Зайдельмана [10–14], А.Б. Ахтырцева [3, 15, 16]. Почвы западин с осветленным горизонтом широко распространены в пределах южнотаежных, лесостепных и степных ландшафтов Западной Сибири, рассмотрению генезиса и географии которых посвящены недавние работы [17–19]. Среди основных свойств почв западин перечислены: сочетание темного, богатого гумусом и хорошо оструктуренного горизонта вместе с кислым осветленным горизонтом, чаще всего подстилаемого на глубине срединным оглееным горизонтом. Почвы западин, как правило, выщелочены от карбонатов и содержат большое количество железо-марганцевых конкреций. Несмотря на то, что в Классификации и диагностике почв России [21] осветленный горизонт является диагностическим для целого спектра природных суглинистых почв, определение места почв западин лесостепи в классификации до сих пор остается проблематичным; по формальному набору диагностических горизонтов почвы западин наиболее соответствуют темногумусовым подбелам глеевым, широко распространенным на юге Дальнего Востока и формирующимся в условиях муссонного климата и глубокого зимнего промерзания [22–24], или солодам, за тем исключением, что в отличие от солодей почвы западин лесостепи часто не содержат карбонаты [4, 16]. Вместе с тем условия формирования, морфология, химические свойства, а следовательно, и генезис осветленных горизонтов подбелов, солодей и почв лесостепных западин заметно отличаются. Анализ генетических особенностей почв западин, их диагностика и классификация нуждаются в дальнейшей разработке.

Цель настоящей работы – интерпретация генезиса почвы западины, определение основных диагностических критериев для выяснения ее классификационного положения путем сопряженного анализа ее морфологических, микроморфологических, химических, физических и физико-химических свойств.

Материалы и методы

Территория исследования (Гамбовская область, Токаревский район, крестьянско-фермерское хозяйство «Толмачев») представляет собой плоскую слаборасчлененную выровненную поверхность, осложненную замкнутыми блюдцеобразными западинами глубиной до 1–3 м и диаметром в 30–300 м, соответствующую недренируемому типу местности [25]. Западины на территории расположены не беспорядочно, а образуют изогнутую цепочку; по мнению Е.М. Самойловой [2], проводившей почвенные исследования на данном участке, западины могут быть приурочены к руслу древней реки, протекавшей здесь в более влажный климатический период. Исследованная западина (координаты центра – 52,0398 с.ш., 41,1839 в.д.; рис. 1, а) имеет

овальную форму, протяженность с северо-запада на юго-восток составляет 280 м и с северо-востока на юго-запад – 170 м; глубина западины составляет 1,5 м. Площадь водосборного бассейна западины, рассчитанная на основании высокоточной лидарной съемки рельефа, составляет 55 га. Однако отметим, что не вся вода с этого бассейна может поступать в исследованную западину, поскольку на участке присутствуют более мелкие смежные западины, которые частично могут перехватывать водные потоки.

Западина расположена на пашне, но сами почвы западины не пахутся; в состав почвенного покрова пашни входят лугово-черноземные почвы, в том числе солончаковатые и солонцеватые, а также солонцы [2]. Западина окаймлена осинником разнотравно-черемичиевым, сменяющимся по направлению к центру западины сначала осинником ежевичным, затем осоковым. Днище западины занято осоково-кочкарным болотом. Почвообразующими породами выступают легкие лессовидные глины, подстилаемые на глубине около 8 м днепровской мореной. Толща над мореной (2,5–3 м) сильно оглеена, что может свидетельствовать о роли морены как водоупора для данной территории. По результатам выполненного нами бурения на глубину 5 м выявлено, что почвообразующие породы в днище западины содержат карбонаты с глубины 2 м, морфологически выраженные новообразования отсутствуют в пределах всей скважины.

Климат территории умеренно континентальный с неравномерным количеством осадков как по сезонам, так и от года к году. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Тамбов (расположена в 80 км к северу от участка исследования) варьирует от 350 до 800 мм/год со средним значением в 510 мм/год. Средняя продолжительность вегетационного периода составляет 150 дней. Среднегодовая температура +6,5°C.

Почвенный разрез заложен в центре западины (см. рис. 1). Описание почвы проведено погоризонтно согласно КиДПР 2004 [26], определение цвета выполнено по шкале Мансела. Диагностика морфотипов глея выполнена согласно работе [27]. Отбор образцов почв для выполнения химических анализов проведен с интервалом в 10 см до глубины 130 см в трехкратной повторности (всего отобрано и проанализировано 39 образцов). С глубин 8–13, 32–37 и 42–48 см в трехкратной повторности отобраны почвенные монолиты (всего 9 шт.) для выполнения микроморфологического описания с помощью поляризационного микроскопа Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 (оборудование Центра коллективного пользования научным оборудованием «Функции и свойства почв и почвенного покрова» ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»).

В лабораторных условиях в предварительно высушенных, очищенных от видимых растительных остатков и гомогенизированных образцах проведено определение pH и общей минерализации (TDS) водных вытяжек методом кондуктометрии. Данные о содержании общего и неорганического углерода получены методом сухого сжигания на приборе Метавак, данные о содержании органического углерода получены методом Тюрина с катализатором Ag₂SO₄. Данные о распределении частиц по размерам получены методом лазерной дифракции на автоматическом анализаторе Microtrac Bluewave

(США). Предварительно суспензия почв подвергалась ультразвуковому воздействию с суммарной энергией, равной 450 Дж/мл.

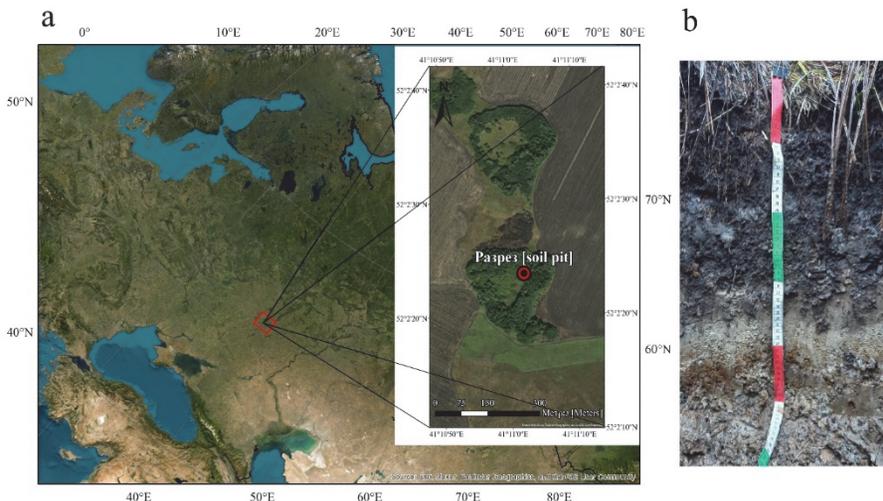


Рис. 1. Расположение описанного разреза на карте:

а – Восточно-Европейской равнины, б – профиль описанного разреза

[Fig. 1. a - location of the sampled soil pit, b - picture of the soil profile taken during field sampling]

Выполнено определение анионного и катионного состава водных вытяжек методом ионной хроматографии. Проведено выделение обменных катионов по методу Пфедфера в модификации Молодцова и Игнатовой [28]. Определение состава обменных катионов в полученных вытяжках проводилось методами пламенной фотометрии, а также атомно-абсорбционной спектрометрии. Аморфное железо определялось в оксалатной вытяжке по Тамму, валовое несиликатное – в дитионит-цитратной вытяжке по Мера-Джексону, определение проводилось фотометрически. В качестве индикатора почвенного переувлажнения рассчитывались значения критерия Швертманна [29] – соотношение оксалат- и дитионит-растворимой форм железа, а также коэффициент степени гидроморфизма, равный отношению оптических плотностей щелочной и пиродифосфатной вытяжек при длине волны в 440 нм [30].

Результаты и обсуждение

В разделе приводится морфологическая и микроморфологическая характеристика описанного разреза, результаты химических анализов, выполненные в образцах, взятых по глубине с интервалом в 10 см и обсуждение полученных результатов.

В профиле исследованной почвы выделяется три части (рис. 1, б): верхняя, темная, соответствующая области накопления органического вещества (0–32 см); средняя – неоднородная по окраске и наиболее светлая в пределах почвенного профиля (32–39 (42) см); нижняя – охристо-бурая с сизоватыми пятнами (39(42)–80 см). Остановимся более подробно на макро-, микроморфологической, аналитической (рис. 2) характеристике каждого из выделенных горизонтов.

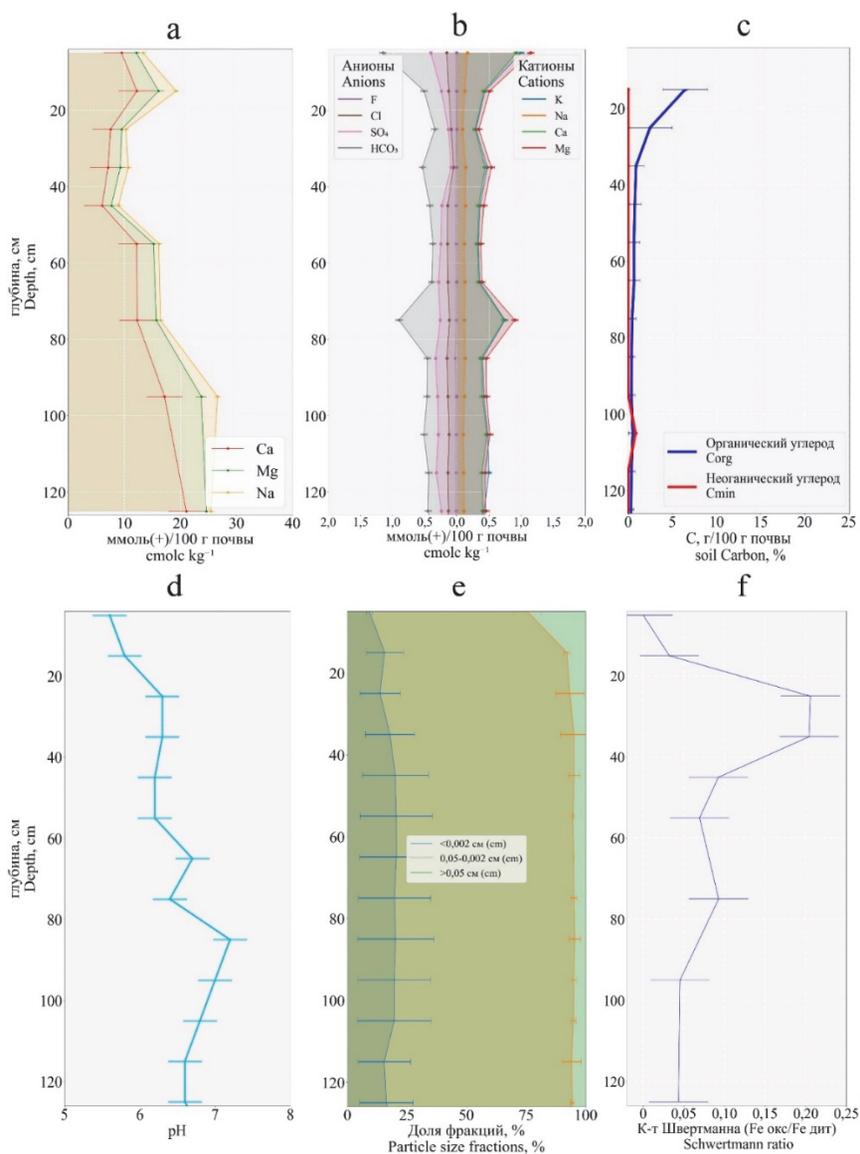


Рис. 2. Аналитические свойства описанной почвы по глубине: а – содержание обменных катионов (ммоль(+)/100 г); б – катионный и анионный состав водной вытяжки (ммоль(+)/100 г); с – содержание органического ($C_{орг}$) и минерального ($C_{мин}$) углерода, %, д – рН; е – соотношение гранулометрических фракций; ф – значения критерия Швертмана (Fe оксалат-растворимое / Fe дитионит-растворимое). Данные представлены в виде среднего арифметического с 95% доверительными интервалами. Для обменных катионов (а) и солевого состава (б) данные на графике приведены с накоплением [Fig. 2. Analytical properties of the described soil by depth: a - exchangeable cations content (mmol(+)/100 g); b - content of soluble salts (mmol(+)/100 g); c - organic (C_{opr}) and mineral (C_{min}) carbon content, %; d - pH; e - particle size distribution; f - Schwertmann ratio (Fe oxalate-soluble / Fe dithionite-soluble). Data are presented as the arithmetic mean with 95% confidence intervals. For exchangeable cations (a) and soluble salts content (b), the data presented on the graphs are cumulative. On the Y-axis – depth, cm. On the X-axis: a, b - mmol \times kg $^{-1}$; c - soil C content, %; d - pH; e - particle size distribution, %; f - Schwertmann ratio (Fe $_{oxalate}$ /Fe $_{dithionite}$)]

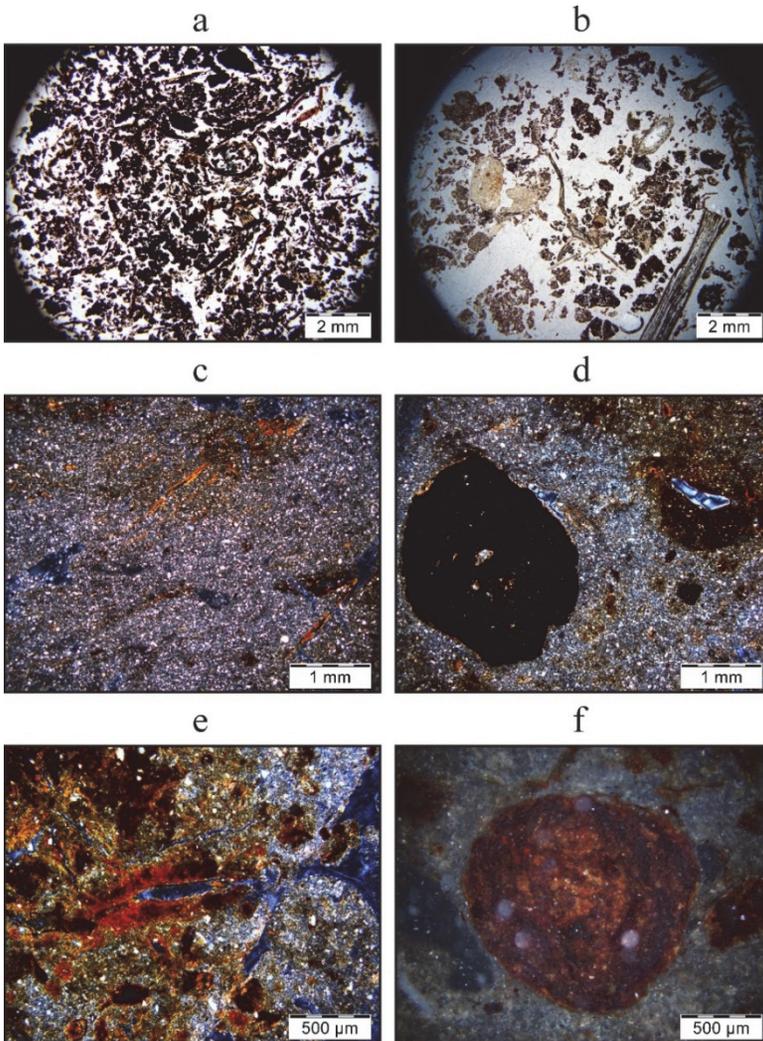


Рис. 3. Особенности микростроения лесостепной почвы с осветленным горизонтом (западина лесостепи Окско-Донской низменности): а – материал горизонта практически полностью состоит из растительных остатков, мелкозема существенно меньше и он маскируется черным гумусом (8–13 см); б – занесенные агрегаты с глинистым тонкодисперсным веществом (левая средняя часть снимка) (8–13 см); в – глинисто-железистые кутаны (32–37 см); д – железистые и железо-марганцевые нодулы разных размеров, мелкие глинистые кутаны (32–37 см); е – глинистые и железистые кутаны, железистые и железомарганцевые нодулы (42–48 см); ф – железистый нодуль концентрического строения (42–48 см). Снимки выполнены в плоскополяризованном свете (а–е) и в отраженном свете (ф): а, б – съемка без анализатора; с–е – съемка с анализатором; mm – мм, μm – мкм

[**Fig. 3.** Features of the microstructure of forest-steppe soil with a leached horizon situated in the depression of the Oka-Don lowland: а - the horizon consists almost entirely of plant residues (8-13 cm); б - aggregates with clay-size particles (middle-left part of the image) (8-13 cm); в - clay-iron cutans (32-37 cm); д - iron and iron-manganese nodules of different sizes, small clay coatings (32-37 cm); е - clay and iron coatings, iron and iron-manganese nodules (42-48 cm); ф - iron nodule of concentric structure (42-48 cm). The images were taken in plane-polarized light (а-е) and in reflected light (ф): а, б - without an analyzer; с-е - with the use of an analyzer; mm – millimeters, μm – micrometers]

Горизонт 0–32 см. Неоднородный по цвету, преобладает темно-серый фон (10 YR 4/1; здесь и далее цвет по шкале Мансела приведен для высушенного образца). В верхних 15 см возможно выделение более темного (10 YR 3/1), обильно пронизанного корнями подгоризонта дернины. В слое 15–32 см происходит постепенное осветление горизонта (к 10 YR 5/1), встречаются мелкие осветленные пятна (10 YR 7/2; менее 5% от площади горизонта). В момент описания весь горизонт 0–32 см мокрый, он средне- и мелко-комковато-ореховатый, уплотненный, глинистый. Среди новообразований диагностированы зоны осветления с отмытыми зернами кварца в слое 15–32 см. Микроморфологическая диагностика свидетельствует о высокой доле экскрементов и растительных остатков (от свежих до сильно разложившихся), слипшихся между собой в пористые агрегаты; в горизонте диагностировано очень большое количество углефицированных растительных остатков (рис. 3, *a*), генезис которых обусловлен периодическим переувлажнением горизонта [31, 32]. При переувлажнении формируются восстановительные условия, в которых в отсутствие кислорода растительные остатки окисляются за счет кислорода, содержащегося в них самих [33]. Микроструктура копрогенная, поровое пространство хорошо развито, тонкодисперсное вещество – гумусово-глинистое изотропное. Присутствуют агрегаты с глинисто-железистыми кутанами и нодулями, занесенные из нижележащего горизонта (рис. 3, *b*).

Высокая доля сильно разложившихся органических остатков в горизонте подтверждается и аналитически – содержание органического углерода в верхних 10 см значительно варьирует и превосходит верхний предел диапазона достоверного аналитического определения используемого метода. Средние значения содержания на глубинах 10–20 и 20–30 см равны, соответственно, 6,4 и 2,5% (см. рис. 2, *c*). Содержание физической глины более 50%, тонкой фракции (здесь и далее по тексту – < 0,002 мм) – варьирует от 9,3 до 13,8%. Значения pH слабокислые, увеличиваются с глубиной от 5,6 до 6,3. Верхние 10 см содержат легкорастворимые соли в количестве 106 мг/л (0,14% сухой массы почвы), что позволяет отнести эту толщину к слабозасоленной, хлоридно-кальциевой по [34]. Однако у нижней границы горизонта содержание солей резко падает до 27 мг/л (0,04% сухой массы почвы), что свидетельствует о том, что большая часть горизонта незасолена. Емкость катионного обмена средняя (от 10,3 в интервале глубин 20–30 см до 19,3 ммоль(+)/100 г почвы в интервале глубин 10–20 см), в составе обменных катионов преобладает кальций, доля натрия варьирует от 4 до 14% (в среднем в верхнем горизонте 7,4%) – т.е., согласно [35, 36], горизонт может быть диагностирован как среднесолонцеватый. Вместе с тем макро- и микроморфологически выраженных признаков солонцеватости в виде глинистых кутан по граням агрегатов и плотной с элементами призматичности структуры в этом горизонте не диагностировано. Содержание оксалат-растворимого железа в верхних 20 см крайне низкое (до 0,04), дитионит-растворимого – 1,1–1,3. В нижних 10 см горизонта наблюдается резкое увеличение оксалат-растворимого железа до 0,2 при относительно стабильном содержании дитионит-растворимого. В результате значения коэффициента

Швертмана сильно варьируют – от 0,02 до 0,2; значения коэффициента степени гидроморфизма достаточно высоки, варьируют от 17 до 55. Максимальные значения в обоих случаях получены для нижней границы горизонта.

Таким образом, основные черты горизонта следующие: темный цвет, большое количество слаборазложившегося органического вещества, сильная биогенная проработка, непрочность структуры, слабокислая реакция среды, средняя емкость катионного обмена. Согласно [21], этот горизонт может быть диагностирован как перегнойно-гумусовый АН и разделен на 2 подгоризонта: АН–АНел.

Горизонт 32–39 (42) см. Неоднородный по цвету: на светло-сером с сизоватым оттенком фоне (10 YR8/1; 80% от площади горизонта) пятна серовато-сизого (10 YR 7/1; 10%), темно-серого (10 YR 3/1; 5%) и желто-охристого цвета (10 YR6/6; 5%). Горизонт массивный, плохо оструктурен, глинистый, очень плотный и на момент описания свежий (несмотря на то, что описание проведено после дождя и верхний горизонт мокрый). В горизонте содержатся железистые и железомарганцевые конкреции и примазки (менее 5% от вмещающей массы горизонта). В верхней части горизонта диагностируется серая гумусовая пропитка. Микроструктура горизонта массивная с большими трещинами, тонкодисперсное вещество глинистое, раздельно-мелко-чешуйчатое. Поры обильно покрыты глинисто-железистыми и глинистыми кутанами (рис. 3, *с*). Последние приурочены, как правило, к тонким порам; они типичные натечные. Глинисто-железистые кутаны более крупные, преимущественно гипокутаны. По разложившимся растительным остаткам встречаются кутаны с органическим веществом. В шлифе встречается множество мелких папул – вероятно, фрагментов глинистых натечных кутан. Обильны глинисто-(органо)-железистые нодули с резкой границей (размеры 50–800 мкм) и железистые нодули (размеры 200–2000 мкм) с диффузной границей; некоторые железистые нодули имеют в составе марганец (рис. 3, *д*). Практически во всех нодулях видны включения зерен скелета. Во внутривершинной массе (ВПМ) встречаются скопления мелких углефицированных растительных остатков; экскременты и растительные остатки в порах отсутствуют.

Содержание органического углерода в горизонте 0,9%; по сравнению с вышележащим он обогащен частицами тонкой фракции и физической глиной (доли, соответственно, равны 17,9 и 56,5%). Реакция pH по-прежнему слабокислая (6,3). Легкорастворимые соли содержатся в незначительном количестве (38 мг/л – 0,07% от сухой массы почвы); среди катионов в водной вытяжке абсолютно преобладает кальций (0,3 ммоль(+)/100 г почвы, среднее содержание в горизонте), среди анионов – гидрокарбонат-ион (0,6 ммоль(+)/100 г, среднее содержание в горизонте). Горизонт незасолен. Емкость катионного обмена близка к низкой (10,7 ммоль(+)/100 г почвы), доля натрия составляет 9,7% – горизонт слабосолонцеватый. По-видимому, диагностируемая на макроморфологическом уровне пропитка и на микроморфологическом уровне кутаны обусловлены присутствием в значительном количестве натрия в почвенном поглощающем комплексе. Содержание различных форм железа в этом горизонте практически идентично нижним 10 см вышележащего горизонта. Значение коэффициента гидроморфизма – 8,9, коэффициента Швертмана – 0,21.

Свойства горизонта, а именно осветленная минеральная масса, сизоватый оттенок, наличие охристых зон, железистых и железомарганцевых конкреций, свидетельствуют о его периодическом поверхностном переувлажнении. В классификации WRB [37] такие свойства диагностируются как стагниковые (*stagnic properties*), возникающие в условиях избыточного атмосферного увлажнения в почвах на тяжелых по гранулометрическому составу породах [38]; кроме того, для данного горизонта могут быть использованы термины «псевдоглей», «периодический» или «переменный» глей [27]. Согласно [27], горизонт соответствует осветленному (серо-белесому) конкреционному криптоглеевому макроморфотипу; трещинному, внутриведенному и прикорневому мезоморфотипам; преимущественно плазменному хлопьевидному сегрегационному микроморфотипу глея. Согласно классификации и диагностике почв России [26], данный горизонт не относится к глеевому, поскольку отсутствует главный диагностический критерий – явно выраженная сизая/зеленоватая окраска, а является элювиальным горизонтом EL. Дополнительным (необязательными) признаком для элювиального горизонта, но диагностируемым в исследованной почве западины, является темно-серая гумусовая пропитка и кутаны, что может быть отражено в добавлении процессного признака *hi* к индексу горизонта, а также наличие охристых зон и конкреций (переходный признак *g*). Наличие кутан в порах позволяет сделать вывод о периодическом формировании условий свободного дренажа в почвах. Кутаны могут являться результатом лессиважа, а также осолонцевания (за счет присутствия натрия в почвенном поглощающем комплексе в значимом количестве). Содержание конкреций не превышает 5%, поэтому признак *np* (конкреционный) не может быть здесь использован.

Горизонт 39(42)–56 см. Неоднородный по окраске: преобладает охристо-бурый цвет (10 YR 5/6), встречаются сизые пятна и полосы (Gley2 8/10BG; около трети площади горизонта). Горизонт массивный, слабо оструктурен (неясно ореховатый с элементами призматичности), глинистый, на момент описания свежий. В горизонте большое количество конкреций (больше, чем в вышележащем, но меньше, чем 10%), по граням структурных отдельностей встречаются кутаны. Микроструктура горизонта преимущественно угловато-блоковая, есть округло-блоковые агрегаты, наблюдается обилие трещин. Тонкодисперсное вещество глинистого состава имеет раздельно-крупночешуйчатую и струйчатую оптическую ориентацию. В ВПМ довольно много очень мелких углефицированных растительных остатков. В порах растительные остатки и экскременты отсутствуют. В шлифе диагностировано много железистых и глинисто-железистых кутан (рис. 3, *e*), много новообразований на промежуточной стадии между кутаной и нодулем. Диагностировано большое количество железистых и глинисто-железистых нодулей (размеры 100–1300 мкм), преимущественно с включениями; единично встречаются концентрические (рис. 3, *f*) и дендриты.

Горизонт содержит 0,7–0,9% органического углерода до глубины 60 см, ниже – его содержание уменьшается почти в два раза. Содержание физической глины и тонкой фракции остается высоким, чуть превышая аналогич-

ные характеристики вышележащего горизонта. С 60 см значения рН становятся нейтральными. Горизонт содержит незначительное количество легкорастворимых солей (менее 50 мг/л – 0,05% сухой массы почвы, горизонт незасолен); как и в вышележащем горизонте в составе водной вытяжки, преобладают гидрокарбонаты кальция. Емкость катионного обмена с глубиной увеличивается до 25 ммоль(+)/100 г почвы, в основном, за счет увеличения содержания обменного кальция. Среднее содержание обменного натрия – 6% от ЕКО, горизонт относится к слабосолонцеватым. Именно в этом горизонте диагностируется самое высокое содержание оксалат и дитонит-растворимого железа, достигающее, соответственно, 4,7 и 51 г/кг в слое 40–50 см. Значения критерия Швертмана достаточно низкие, менее 0,1 (разброс значений от 0,04 до 0,09). Коэффициент степени гидроморфизма в среднем равен 3.

Диагностика данного горизонта согласно Классификации почв России [26] вызывает некоторые затруднения; в горизонте прослеживаются явные признаки переувлажнения (охристые зоны, обилие конкреций), вместе с тем преобладающим цветом является буровато-охристый, а не сизый – ключевой диагностический признак глеевого горизонта [21]. Горизонт слабо оструктурен, однако на гранях агрегатов присутствуют кутаны. Вместе с тем горизонт слабо отличается по гранулометрическому составу от вышележащего (коэффициент дифференциации по илу (КД) равен 1,1), но отличается от перегнойно-темногумусового АНel (КД равен 1,3). По совокупности признаков данный горизонт может быть диагностирован как текстурный глееватый (BTg); по-видимому, периодическое переувлажнение препятствует формированию хорошо выраженной многопорядковой ореховато-призматической структуры, свойственной текстурным горизонтам, а застойный режим, усиленный слабыми фильтрационными свойствами почв, их глинистым составом, ослабляет текстурную дифференциацию. Слабая текстурная дифференциация почв западин с кислым элювиальным горизонтом глинистым гранулометрическим составом была отмечена в работах [11, 16].

Таким образом, диагностическими свойствами исследованной почвы являются: (1) достаточно мощный (30 см) и богатый органическим углеродом перегнойно-темногумусовый горизонт с непрочной ореховато-комковатой структурой и включениями органических остатков разной степени разложённости органического вещества, залегающий на (2) элювиальном с признаками потечности гумуса горизонте, содержащем до 5% от массы горизонта небольших по размеру и преимущественно железистых по составу конкреций, а также (3) оглеенный срединный горизонт со слабо выраженной, непрочной структурой и с большим, чем в вышележащем горизонте, количеством конкреций, кутанами по граням структурных отдельностей. Относительно повышенное содержание легкорастворимых солей и обменного натрия в поверхностном 10-см слое почвы может быть обусловлено их поступлением с латеральными водными потоками от окаймляющих западин солонцеватых и солончаковатых лугово-черноземных почв. Анионно-катионный состав почвы западины постоянен в пределах профиля; наблюдается резкое уменьшение содержания углерода с глубиной и постепенное

увеличение рН от слабокислых до нейтральных значений. Средняя часть профиля несколько обогащена илом, особенно по сравнению с перегнойно-темногумусовым горизонтом. Емкость катионного обмена обнаруживает два максимума – в гумусовом горизонте и на глубине 100–130 см. Последний достигается за счет увеличения содержания обменного кальция, вероятно, в результате его поступления с растворами из карбонатных почвообразующих пород (породы вскипают с глубины 2 м). Наибольшее содержание оксалат-растворимого железа приходится на контакт осветленного и текстурного горизонтов. Согласно коэффициентам степени гидроморфизма и Швертмана, наиболее продолжительное переувлажнение испытывает верхняя часть почвенного профиля – а именно перегнойно-темногумусовый и осветленный горизонты. Значения этих коэффициентов резко падают в текстурном глееватом горизонте.

На основании проведенного комплексного исследования свойств почв мы можем сделать вывод о преимущественно глеево-элювиальной природе осветленного горизонта исследованной почвы западины. Глеево-элювиальный процесс является одним из наиболее часто упоминаемых при интерпретации генезиса почв западин [11, 15] наряду с присутствием большого количества натрия в почвенном поглощающем комплексе [6, 10], резким снижением окислительно-восстановительного режима почв в результате водородных эманаций [39, 40]. Диагностируемые на макро- и микроморфологическом уровне конкреции в осветленном горизонте, кутаны в нижележащем горизонте, а также значения коэффициентов Швертмана и гидроморфизма свидетельствуют о сезонном поверхностном переувлажнении почв и наличии периодов иссушения. Дополнительной причиной формирования осветленного горизонта может являться повышенное содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе верхних почвенных горизонтов (от 4 до 14%), обуславливающее вынос глинистых частиц и миграцию органических соединений в нижнюю часть профиля.

Формула профиля исследованной почвы западины может быть записана как АН–АНel–ELhi,g–BTg. По своему морфологическому строению почва частично соответствует солоди перегнойно-темногумусовой квазиглеевой (формула профиля АН–EL–BTg–BCA–Q). В отличие от нее, исследованная нами почва не содержит аккумулятивно-карбонатного и квазиглеевого горизонтов; по-видимому, низкая интенсивность латерального внутрипочвенного стока, обусловленного слабым развитием эрозионной сети, и большая водосборная площадь западины (55 га) способствуют выщелачиванию почв от карбонатов (диагностического признака для нижних горизонтов почв солодей), в данном случае на глубину 2 м и отсутствию в почвах оливкового оттенка (диагностического признака квазиглееватости). От темногумусовых подбелов глеевых (AU–ELg–BTg) исследованная почва отличается характером верхнего горизонта, а также менее выраженным процессом сегрегации железа в осветленном горизонте (меньшим количеством конкреций). Мы предполагаем, что водный режим почв исследованной западины является менее контрастным – с более плавной сменой периодов переувлажнения и

иссушения, чем у подбелов Дальнего Востока, что может объяснять меньшее количество конкреций в почве западины [23, 41]. По характеру верхнего горизонта исследованная почва также отличается и от черноземовидных оподзоленных оглеенных почв (AU–EL_{nn,g}–BTg–G; термин предложен Ф.Р. Зайдельманом [11] для почв западин лесостепи), а также серых поверхностно-глеево-элювиальных почв авторской классификации переувлажненных почв лесостепи А.Б. Ахтырцева [3]; в этих почвах верхний горизонт представлен темно- или серогумусовым, а не перегнойно-темногумусовым горизонтом, как в исследованной нами почве западины. Формирование перегнойно-темногумусового горизонта в верхней части исследованного почвенного профиля, вероятно, происходит как за счет специфической для лесостепи осоковой растительности, формирующейся в днище западины, так и очень продолжительного переувлажнения, затопления почв. Следуя классической традиции русского почвоведения – отражении в названии почвы основных почвенных процессов, ее формирующих, исследованную почву западины можно назвать перегнойно-темногумусовой оподзоленной глеевой. При расширении исследований почв западин и выявлении почв со сходным (с исследованной нами) строением профиля может быть предложено внесение самостоятельного типа перегнойно-темногумусовых оподзоленных глеевых почв в отдел текстурно-дифференцированных почв в Классификацию и диагностику почв России [26]. Согласно Классификации и диагностике почв СССР [35], исследованная почва наиболее соответствует лугово-болотным солодам, не имеющим аккумулятивно-карбонатного горизонта.

Выводы

На основании комплексного исследования почвы днища западины недренуемого типа местности Окско-Донской равнины могут быть сделаны следующие выводы:

1. Глеево-элювиальный процесс является ведущим в формировании осветленного горизонта в почве западины, о чем свидетельствуют диагностируемые на макро- и микроморфологическом уровне конкреции, кутаны в нижележащем горизонте, а также значения коэффициентов Швертмана и гидроморфизма. Наличие обменного натрия в верхней части почвенного профиля (4–14% от емкости катионного обмена) может являться дополнительной причиной формирования осветленного горизонта исследованной почвы.

2. Почвенный профиль состоит из следующего набора диагностических горизонтов: АН– АН_{el}–ЕL_{hi,g}–BTg. Такой набор почвенных горизонтов отсутствует в Классификации и диагностике почв России, частично соответствует профилю солоды перегнойно-темногумусовой квазиглеевой (АН–ЕL–BTg–BCA–Q), подбела темногумусового глеевого (AU–EL_g–BTg). Отличительной чертой исследованной почвы западины является формирование мощного, богатого органическим углеродом перегнойно-темногумусового горизонта с непрочной ореховато-комковатой структурой в сочетании с выщелоченностью почвенного профиля от карбонатов.

3. Перегнойно-темногумусовые оподзоленные глеевые почвы могут быть внесены в отдел текстурно-дифференцированных почв в Классификацию и диагностику почв России в случае расширения исследований почв западин и диагностики почв со строением профиля АН–ЕL–ВТg.

Список источников

1. Докучаев В.В. Русский чернозем: Отчет Императорскому Вольному экон. о-ву. СПб., 1883. 376 с.
2. Самойлова Е.М. Луговые почвы лесостепи. М. : Изд-во МГУ, 1981. 283 с.
3. Ахтырцев А.Б. Гидроморфные почвы и переувлажненные земли лесостепи и степи Русской равнины : дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 1999. 383 с.
4. Зайдельман Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и их прикладные аспекты. М. : Красанд, 2010. 248 с.
5. Fil P.P., Yurova A.Y., Dobrokhotov A.V., Kozlov D.N. Estimation of infiltration volumes and rates in seasonally water-filled topographic depressions based on remote-sensing time series // Sensors. 2021. V. 21, № 21. PP. 7403. doi: 10.3390/s21217403
6. Базилевич Н.И. Лесостепные солоды. М. : Наука, 1967. 104 с.
7. Базилевич Н.И. Материалы к вопросу о генезисе солодей. // Почвоведение. 1947. № 4. С. 227–239.
8. Самойлова Е.М., Якушевская И.В. Характеристика комплекса луговых почв колочной лесостепи // Почвоведение. 1970. № 3. С. 60–67.
9. Самойлова Е.М., Ахтырцев А.Б., Андреев Г.И. Полугидроморфные и гидроморфные почвы черноземной зоны СССР // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. М. : Наука, 1983. С. 126–138.
10. Зайдельман Ф.Р., Пахомова Е.Ю., Устинов М.Т. Солоды поверхностного и грунтового переувлажнения Западной Сибири: свойства, гидрология и генезис // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2011. № 1. С. 3–12.
11. Зайдельман Ф.Р., Степанцова Л.В., Никифорова А.С., Красин В.Н., Сафронов С.Б., Красина Т.В. Генезис и деградация черноземов Европейской России под влиянием переувлажнения. Способы защиты и мелиорации. Воронеж : Кварта, 2013. 352 с.
12. Зайдельман Ф.Р., Степанцова Л.В., Никифорова А.С., Красин В.Н., Сафронов С.Б. Генезис, классификация и мелиорация черноземовидных подзолистых оглеенных почв севера лесостепи Европейской России // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2014. № 2. С. 16–23.
13. Зайдельман Ф.Р. Генезис и проблемы классификации почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами // Почвоведение. 2004. № 2. С. 233–242.
14. Зайдельман Ф.Р. Генетические особенности и морфология черноземовидных подзолистых оглеенных почв северной лесостепи // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2005. № 2. С. 3–8.
15. Ахтырцев А.Б., Спесивый О.В. Переувлажненные земли Центрально-Черноземного региона России: их свойства, эволюция и рациональное использование. Воронеж : НАУКА-ЮНИПРЕСС, 2014. 204 с.
16. Ахтырцев А.Б. Сравнительно-генетическая характеристика светло-серых поверхностно-глеево-элювиальных почв и солодей луговых Среднерусской лесостепи. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1985. С. 34–47.
17. Сапрыкин О.И., Смоленцев Б.А. Свойства почв микрозападин юго-восточной части Западной Сибири // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск : Издательский Дом ТГУ, 2015. С. 94–97.
18. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Элювиальные почвы западин Обь-Томского междуречья (подтаёжная зона Западной Сибири) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. № 3 (35). С. 6–25.

19. Никифоров А.Н., Дюкарев А.Г. Осолодение почвы в почвенном покрове Обь-Шегарского междуречья // Почва в биосфере. Новосибирск, 2018. С. 70–73.
20. Сапрыкин О.И., Конарбаева Г.А., Смоленцев Б.А. Сравнительная характеристика агрохимических свойств почв в агроландшафтах с западным микрорельефом // Агрохимия. 2020. № 10. С. 15–19. doi: 0.31857/S0002188120080104
21. Полевой определитель почв. М. : Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
22. Гынинова А.Б., Шоба С.А., Басанова Л.Д. Влияние глубокого промерзания на морфогенез луговых подбелов Приамурья // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2008. № 3. С. 10–13.
23. Росликова В.И., Матюшкина Л.А. Текстурно-дифференцированные почвы равнин юга Дальнего Востока и их ландшафтно-географические особенности // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 4. С. 53–60.
24. Бурдуковский М.Л., Голов В.И., Перепелкина П.А., Киселева И.В., Тимофеева Я.О. Агрогенные и постагрогенные изменения запасов углерода и физических свойств подбелов темногумусовых // Почвоведение. 2021. № 6. С. 747–756. doi: 10.31857/S0032180X21060046
25. Мильков Ф.Н. Физико-географическое районирование Центрально-Черноземных областей. Воронеж : ВГУ, 1961. 363 с.
26. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
27. Таргульян В.О., Герасимова М.И., Целищева Л.К., Шоба С.А. Оглеение и морфотипы глея // Почвоведение. 1987. № 7. С. 16–24.
28. Молодцов В.А., Игнатова В.П. Об определении состава поглощенных оснований в засоленных почвах // Почвоведение. 1975. № 6. С. 123–127.
29. Cornell R.M., Schwertmann U. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences, and uses. Weinheim : Wiley-vch, 2003. 664 p. doi: 10.1515/CORRREV.1997.15.3-4.533
30. Степанцова Л.В., Красин В.Н. Количественный показатель глубины залегания грунтовых вод в черноземовидных почвах севера Тамбовской равнины // Вестник МичГАУ. 2011. Ч. 1, № 2. С. 106–110.
31. Ismail-Meyer K., Stolt M.H., Lindbo D.L. Soil Organic Matter. Interpretation of Micro-morphological Features of Soils and Regoliths. Netherlands : Elsevier, 2018. P. 471–512. doi: 10.1016/b978-0-444-63522-8.00017-6
32. Добровольский Г.В., Ярилова Е.А., Парфенова Е.И., Федоров К.Н., Балабко П.Н., Шоба С.А. Методическое руководство по микроморфологии почв : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 80 с.
33. Скурский М.Д. О вещественном составе углей // Техника и технология горного дела. 2022. № 1 (16). С. 31–82. doi: 10.26730/2618-7434-2022-1-31-82
34. Засоленные почвы России. М. : Академкнига, 2006. 854 с.
35. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 221 с.
36. Егоров В.В., Минашина Н.Г. Обоснование почвенно-мелиоративных прогнозов и классификация засоленных почв // Изменение плодородия почв при орошении вновь осваиваемых земель. М. : Почв. институт имени ВВ Докучаева, 1976. С. 29–46.
37. IUSS Working Group WRB. 2022 World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 234 p.
38. Rubinic V., Lazarevic B., Husnjak S., Durn G. Climate and relief influence on particle size distribution and chemical properties of Pseudogley soils in Croatia // Catena. 2015. V. 127. PP. 340–348. doi: 10.1016/j.catena.2014.12.024
39. Суханова Н.И., Кирюшин А.В. Влияние потока глубинного водорода на химические свойства и гумусное состояние почв // Система Планета Земля. 2014. С. 195–200.
40. Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Степанов А.Л., Кирюшин А.В. Особенности черноземных почв района Хоперского глубинного разлома земной коры // Почвоведение. 2020. № 2. С. 199–209. doi: 10.31857/S0032180X20020124

41. Костенков Н.М., Жарикова Е.А. Почвы прибрежной территории юго-западной части Приморья // Почвоведение. 2018. № 2. С. 141–154. doi: 10.7868/S0032180X18020028

References

1. Dokuchaev VV. Russkiy chernozem: Otchet Imperatorskomu Vol'nomu ekon. o-vu. [The Russian Chernozem: Report to the Imperial Free Economy Society]. St. Petersburg; 1883, 376 p. In Russian
2. Samoylova EM. Lugovye pochvy lesostepi [Meadow soils of forest-steppe]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1981. 283 p. In Russian.
3. Akhtyrtev AB. Gidromorfnye pochvy i pereuvlazhennyye zemli lesostepi i stepi Russkoy ravniny [Hydromorphic soils and waterlogged lands of the forest-steppe and steppe of the Russian Plain DrSci. Dissertation, Agriculture]. Voronezh: Voronezh State University Publ.; 1999. 383 p. In Russian
4. Zaydel'man FR. Teoriya obrazovaniya svetlykh kislykh elyuvial'nykh gorizontov pochv i ih prikladnye aspekty [The theory of soil formation with light-coloured acid eluvial horizons and its applied aspects]. Moscow: Krasand Publ.; 2010. 248p. In Russian.
5. Fil PP, Yurova AY, Dobrokhotov AV, Kozlov DN. Estimation of infiltration volumes and rates in seasonally water-filled topographic depressions based on remote-sensing time series. *Sensors*. 2021;21(21):7403. doi:10.3390/s21217403
6. Bazilevich NI. Lesostepnyye solodi [Soils with albic horizon in forest-steppe]. Moscow: Nauka Publ.; 1967. 104 p. In Russian
7. Bazilevich NI. Materials on the question of the genesis of soil with albic horizon in forest-steppe. *Pochvovedenie*. 1947;4:227-239. In Russian, English summary
8. Samoylova EM, Yakushevskaya IV. Characteristics of the complex of meadow soils of the splinter forest-steppe. *Pochvovedenie*. 1970;3:60-67. In Russian, English summary
9. Samoylova EM, Akhtyrtev AB, Andreev GI. Polugidromorfnye i gidromorfnye pochvy chernozemnoy zony SSSR [Semihydromorphic and hydromorphic soils of the chernozem zone of the USSR] in Russkiy chernozem. 100 let posle Dokuchaeva [Russian Chernozem. 100 years after Dokuchaev.]. Moscow: Nauka Publ.;1983. 126-138. In Russian
10. Zaydel'man FR, Pakhomova EY, Ustinov MT. Solodi poverkhnostnogo i gruntovogo pereuvlazhneniya Zapadnoy Sibiri: svoystva, gidrologiya i genesis [Soils with albic horizon in orest-steppe of surface and ground waterlogging in Western Siberia: properties, hydrology and genesis]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*. 2011;1:3-12. In Russian
11. Zaydel'man FR, Stepantsova LV, Nikiforova AS, Krasin VN, Safronov SB, Krasina TV. Genesis i degradatsiya chernozemov Evropeyskoy Rossii pod vliyaniem pereuvlazhneniya. Sposoby zashchity i melioratsii [Methods of protection and reclamation.] Voronezh: Kvarta; 2013. 352 p. In Russian
12. Zaydel'man FR, Stepantsova LV, Nikiforova AS, Krasin VN, Safronov SB. Genesis, klassifikatsiya i melioratsiya chernozemovidnykh podzolistykh ogleennykh pochv severa lesostepi evropeyskoy Rossii [Genesis and degradation of chernozems in European Russia under the influence of waterlogging.]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2014; 2: 16-23. In Russian
13. Zaydel'man FR. Genesis and classification problems of soils with acid albic horizon. *Pochvovedenie*. 2004;2:233-242. In Russian, English summary
14. Zaydel'man FR. Geneticheskie osobennosti i morfologiya chernozemovidnykh podzolistykh ogleennykh pochv severnoy lesostepi [Genetic features and morphology of chernozem-like gleyed podzolic soils of the northern forest-steppe]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*. 2005;2:3-8. In Russian
15. Akhtyrtev AB, Spesivyy OV. Pereuvlazhennyye zemli Tsentral'no-Chernozemnogo regiona Rossii: ih svoystva, evolyutsiya i ratsional'noe ispol'zovanie [Waterlogged lands of the Central Black Earth region of Russia: their properties, evolution and rational use]. Voronezh: SCIENCE-UNIPRESS Publ.; 2014. 204 p. In Russian

16. Akhtyrtsev AB. Sravnitel'no-geneticheskaya harakteristika svetlo-seryh poverkhnostno-gleevo-eluvial'nyh pochv i solodey lugovyh Srednerusskoy lesostepi [Comparative genetic characteristics of light gray surface gley-eluvial soils and meadow malts of the Central Russian forest-steppe.]. Saransk: Mordovian State University Publ.; 1985. 34-47 p. In Russian
17. Saprykin OI, Smolentsev BA. Soil properties of the micro hollows in the southeastern part of Western Siberia. In: Reflection bio-geo- antroposferal interacntions in soils and soil cover. In *Collection of materials V International Scientific Conference, dedicated to the 85th anniversary of the opening of the first university department of Soil Science in Siberia*. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University; 2015. pp.94-97. In Russian
18. Dyukarev AG, Pologova NN. Eluvial soils of depressions at the Ob-Tom interflue (the subtaiga zone of Western Siberia). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2016;3(35):6-25. 1 In Russian, English summary
19. Nikiforov AN, Dyukarev AG. Osolodelye pochvy v pochvennom pokrove Ob'-Shegarskogo mezhdurech'ya [Refining soils in the soil cover of the Ob-Shegar intersection]. In: *Pochvy v biosfere* [Soil in biosphere: collection of materials]. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University; 2018. 70-73. In Russian, English summary
20. Saprykin OI, Konarbaeva GA, Smolentsev BA. Comparative description of soil agrochemical properties in agricultural landscapes with microdepressions. *Agrokimiya*. 2020;10:15-19. doi: 10.31857/S0002188120080104
21. Polevoy opredelitel' pochv [Field soil guide]. M.: Pochvennyy instiut im. V.V. Dokuchaeva Publ.; 2008. 182 p. In Russian
22. Gyninova AB, Shoba SA, Basanova LD. Vliyanie glubokogo promerzaniya na morfogenez lugovyh podbelov Priamur'ya . *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*. 2008;3:10-13. In Russian
23. Roslikova VI, Matyushkina LA. Teksturno-differentsirovannyye pochvy ravnin yuga Dal'nego Vostoka i ih landshaftno-geograficheskie osobennosti [Texturally differentiated soils of the plains of the south of the Far East and their landscape and geographical features]. *Regional'nye problemy*. 2017;20(4):53-60 p. In Russian
24. Burdukovskiy ML, Golov VI, Perepelkina PA, Kiseleva IV, Timofeeva YO. Agrogenic and postagrogenic changes in physical properties and carbon stocks in dark-humus podbels. *Eurasian Soil Science*. 2021;54(6):943-950. doi: 10.1134/S1064229321060041
25. Mil'kov FN. Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Tsentral'no-Chernozemnykh oblastey [Physico-geographical zoning of the Central Black Earth Regions]. Voronezh: Voronezh State Univerisy Publ.; 1961. 363 p. In Russian
26. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Classification and Diagnostic System of Russian Soils]. Smolensk: Oikumena Publ.; 2004. p. in Russian.
27. Targul'yan VO, Gerasimova MI, Tselishcheva LK, Shoba SA. Ogleenie i morfotipy gleya. *Pochvovedenie*. 1987;7:16-24. In Russian, English summary
28. Molodtsov VA, Ignatova VP. Ob opredelenii sostava pogloshchennykh osnovaniy v zasolennykh pochvakh. *Pochvovedenie*. 1975;6:123-127. In Russian, English summary
29. Cornell RM, Schwertmann U. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences, and uses. Weinheim: Wiley-vch; 2003. 664 p. doi: 10.1515/CORRREV.1997.15.3-4.533
30. Stepantsova LV, Krasin VN. Kolichestvennyy pokazatel' glubiny zaleganiya gruntovyh vod v chernozemovidnyh pochvah severa Tambovskoy ravniny [Quantitative indicator of the depth of groundwater in chernozem-like soils of the north of the Tambov Plain]. *Vestnik MichGAU*.2011;1(2):106-110. In Russian
31. Ismail-Meyer K., Stolt MH., Lindbo DL. Soil Organic Matter. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Netherlands: Elsevier; 2018. 471-512. doi: 10.1016/b978-0-444-63522-8.00017-6
32. Dobrovol'skij GV, Jarilova EA, Parfenova EI, Fedorov KN, Balabko PN, Shoba SA. Metodicheskoe rukovodstvo po mikromorfologii pochv. Uchebnoe posobie [Methodological guide to soil micromorphology] Moscow: Moscow State University Publ.; 1983. 80 p. In Russian

33. Skursky MD. On the material composition of coals. Journal of mining and geotechnical engineering. 2022;1(16):31. doi: 10.26730/2618-7434-2022-1-31-82. In Russian, English summary
34. Zsolennye pochvy Rossii [Saline soils in Russia]. Moscow: ИКЦ "Академкнига" Publ.; 2006. 854 p. in Russian
35. Classification and Diagnostics of Soils of the Soviet Union. Moscow: Kolos Publ.; 1977. 221p. in Russian
36. Egorov VV, Minashina NG. Obosnovanie pochvenno-meliorativnykh prognozov i klassifikatsiya zasolennykh pochv [Justification of soil reclamation forecasts and classification of saline soils]. Izmenenie plodorodiya pochv pri oroshenii vnov' osvvaivamykh zemel' [Changes in soil fertility during irrigation of newly developed lands.]. Moscow: Pochvennyy institut im. VV Dokuchaeva Publ.; 1976. 29-46. In Russian
37. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria; 2022. 234 p.
38. Rubinic V, Lazarevic B, Husnjak, S, Durn, G. Climate and relief influence on particle size distribution and chemical properties of Pseudogley soils in Croatia. *Catena*. 2015;127:340-348. doi: 10.1016/j.catena.2014.12.024
39. Sukhanova NI, Kiryushin AV. Vliyanie potoka glubinnogo vodoroda na khimicheskie svoystva i gumusnoe sostoyanie pochv [The influence of deep hydrogen flow on the chemical properties and humus status of soils]. *Sistema Planeta Zemlya*. 2014; 195-200. In Russian
40. Sukhanova NI, Trofimov SY, Stepanov AL, Kiryushin AV. Specific features of Chernozemic soils in the area of the Khoper deep fault in the Earth crust. *Eurasian Soil Science*. 2020;53:197-206. doi: 10.1134/S106422932002012X
41. Kostenkov NM, Zharikova EA. Soils of the southwestern part of the Pacific Coast of Russia. *Eurasian soil science*. 2018; 51:140-152. doi: 10.1134/S1064229318020059

Информация об авторах:

Смирнова Мария Андреевна, канд. геогр. наук, с. н. с., Отдел агроэкологической оценки почв и проектирования агроландшафтов, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия); доцент, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-4348>

E-mail: summerija@yandex.ru

Плотникова Оксана Олеговна, канд. биол. наук, н. с., Лаборатория минералогии и микроморфологии почв, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>

E-mail: mrs.plotnikova@mail.ru

Бардашов Данила Романович, м. н. с., Лаборатория физики и гидрологии почв, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия); аспирант, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2425-1911>

E-mail: bardashovdr@my.msu.ru

Терская Елена Вячеславовна, н. с., кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

E-mail: elena_terskaya@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Maria A. Smirnova, Senior researcher, PhD. in Geography, Department of Agroecological Soil Assessment and Agricultural Landscape Design, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (Moscow, Russia); assistant professor, Department of landscape geochemistry and soil geography, Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-4348>

E-mail: summerija@yandex.ru

Oksana O. Plotnikova, Cand.Sci. (Biol.), Researcher, Ph.D. in Biological Sciences, Laboratory of Soil Mineralogy and Micromorphology, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (Moscow, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7719-2915>

E-mail: mrs.plotnikova@mail.ru

Danila R. Bardashov, Junior Researcher, Laboratory of Soil Physics and Hydrology, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (Moscow, Russia); PhD-student. Department of landscape geochemistry and soil geography, Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2425-1911>

E-mail: bardashovdr@my.msu.ru

Elena V. Terskaya, Researcher, Department of landscape geochemistry and soil geography, Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia).

E-mail: elena_terskaya@mail.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 17.01.2024;
одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 14.06.2024.*

*The article was submitted 17.01.2024;
approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 14.06.2024.*