

УДК 631.48:902.2:504.38:902.6:561

DOI: 10.24930/2500-302X-2026-26-1-29-51

Особенности проявления литогенеза и криогенеза позднего плейстоцена в почвах центра Восточно-Европейской равнины

А. Ю. Овчинников

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра “Пушкинский научный центр биологических исследований РАН” (ИФХиБПП РАН), 142290, Московская область, г. Пушкино, e-mail: ovchinnikov_a@inbox.ru

Поступила в редакцию 19.03.2025 г., принята к печати 23.06.2025 г.

Объекты и методы исследований. Работа основана на сравнительном анализе авторских и литературных данных по исследованию зональности проявления процессов литогенеза и криогенеза в почвах в центре Восточно-Европейской равнины. Участки исследования расположены в перигляциальной зоне эпохи валдайского оледенения, сосредоточены в трех почвенных зонах шести субъектов Российской Федерации. В работе использован комплекс методов, включающий картографический, морфологический и стратиграфический методы, ¹⁴C-метод для датирования образцов почв, сравнительно-географический. *Цель исследования* – выявить особенности проявления процессов педогенеза, литогенеза и криогенеза позднего плейстоцена на территории центра Восточно-Европейской равнины. *Результаты.* Применение комплексного методического подхода впервые позволило в широком географическом аспекте получить результаты и систематизировать данные, демонстрирующие разную степень процессов позднеледниковой криогенеза, литогенеза и педогенеза в почвах центра Восточно-Европейской равнины. На территории исследования в разных почвенных зонах обнаружены и систематизированы: палеокриогенный микрорельеф, палеокриогенные явления, палеопочвы средневалдайского времени, которые обладают разными морфогенетическими особенностями, залегают на разных глубинах, погребены разным по мощности осадком, что отражает зональную специфику и время процессов литогенеза и педогенеза. От средневалдайского этапа до современности воздействие валдайского ледника обеспечивало поэтапную смену и интенсивность природных процессов в перигляциальной области от периферийной части к приледниковой. С начала формирования, расцвета и деградации ледникового щита происходила разная по времени и интенсивности проявления смена процессов педогенеза, литогенеза и криогенеза и вновь литогенеза и педогенеза на разных территориях центра Восточно-Европейской равнины. В зоне черноземов процессы педогенеза, литогенеза и криогенеза происходили несколько раньше, чем в гумидных регионах, последние же были незначительными и кратковременными. Территория зоны серых почв оказалась во власти максимального развития и воздействия ледникового покрова, что отразилось в процессах интенсивного литогенеза и наиболее экстремальных условиях процессов криогенеза. В зоне дерново-подзолистых почв процессы криолитопедогенеза в разные эпохи были недолговременными, что, вероятно, связано с динамикой существования и деградации ледникового покрова, проявившейся в дефиците переносимого минерального материала, а также с ослаблением и кратковременностью криогенных процессов.

Ключевые слова: палеопочвоведение, палеогеография, палеокриогенез, литогенез, поздний плейстоцен, Восточно-Европейская равнина

Источник финансирования

Работа выполнена по теме госзадания № 122040500036-9

Features of Late Pleistocene lithogenesis and cryogenesis in soils of the central area of East European Plain

Andrey Yu. Ovchinnikov

Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, RAS, Pushchino, Moscow oblast 142290, Russia, e-mail: ovchinnikov_a@inbox.ru

Received 19.03.2025, accepted 23.06.2025

Research subject and methods. A comparative analysis of the author's and literature data on the zoning of lithogenesis and cryogenesis processes in soils of the central area of the East European Plain was carried out. The study sites are located in the periglacial zone of the Valdai glaciation, concentrated around three soil zones of six subjects of the Russian Federation.

Для цитирования: Овчинников А.Ю. (2026) Особенности проявления литогенеза и криогенеза позднего плейстоцена в почвах центра Восточно-Европейской равнины. *Литосфера*, 26(1), 29-51. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-1-29-51>. EDN: JPRKWY

For citation: Ovchinnikov A.Yu. (2026) Features of Late Pleistocene lithogenesis and cryogenesis in soils of the central area of East European Plain. *Lithosphere (Russia)*, 26(1), 29-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-1-29-51>. EDN: JPRKWY

A set of methods, including cartographic, morphological, stratigraphic, comparative geographical, and the ^{14}C -method for dating soil samples, was used. *Aim.* To identify the features of manifestation of the Late Pleistocene processes of pedogenesis, lithogenesis, and cryogenesis in the central area of the East European Plain. *Results.* For the first time, the use of an integrated methodological approach made it possible to obtain results in a wide geographical aspect and generalize data demonstrating the varying degrees of the Late Pleistocene processes of cryogenesis, lithogenesis, and pedogenesis in the soils of the central area of the East European Plain. Here, paleocryogenic microrelief, paleocryogenic phenomena, and paleosoils of the Middle Altai period were identified and systematized. These soils possess different morphogenetic features, lie at different depths, and are buried by sediments of different thickness, reflecting the zonal specificity, time, and speed of lithogenesis and pedogenesis. From the Middle Valdai stage up to the present, the impact of the Valdai glacier has ensured the gradual change and intensity of natural processes in the periglacial region from the peripheral part to the glacial part. Since the onset of the formation, flourishing, and degradation of the ice sheet, the processes of pedogenesis, lithogenesis, and cryogenesis, and again lithogenesis and pedogenesis, have changed at different times and with a varying intensity of manifestation in different central areas of the East European Plain. In the chernozem zone, the processes of pedogenesis, lithogenesis, and cryogenesis occurred somewhat earlier than in the humid regions, with the latter process being insignificant and short-lived. The territory of the gray soil zone was dominated by the maximum development and impact of the glacial cover, which was reflected in the processes of intensive lithogenesis and the most extreme conditions of cryogenesis processes. In the zone of sod-podzolic soils, cryolithopedogenesis processes in different epochs were short-term, which was likely due to the dynamics of the existence and degradation of the glacial cover, manifested in a shortage of transported mineral material, as well as to the weakening and shortening of cryogenic processes.

Keywords: *paleosurface science, paleogeography, paleocryogenesis, lithogenesis, Late Pleistocene, East European plain*

Funding information

The work was carried out on the topic of state assignment No. 122040500036-9

ВВЕДЕНИЕ

В современном учении о почве как части биосферы историко-генетические проблемы литогенеза и педогенеза до сих пор остаются актуальными. Изучение формирования позднеплейстоценовых отложений в качестве почвообразующих пород современных почв входит в важнейшие разделы палеогеографии и почвоведения. Совокупность и очередность процессов литогенеза и педогенеза в позднем плейстоцене связаны с действием климатического фактора, определившего разный сценарий природного процесса с отложением и преобразованием материала разного генезиса.

Для Восточно-Европейской равнины и северного полушария Земли позднего плейстоцена предложены различные концепции изменения палеогеографических обстановок. В данный период происходила смена похолоданий (стадиалов) и потеплений (интерстадиалов), внутри которых изменялась интенсивность и направленность процессов осадконакопления, рельефообразования, почвообразования (Герасимов, Марков, 1939; Последний ..., 1965; Величко, 1973; Разрезы отложений..., 1977; Морозова, 1981; Палеогеография ..., 1982; Марков, 1986; Свиточ, 1987; Изменение ..., 1999; Па-

леоклиматы и палеоландшафты..., 2009; Makeev, 2012; Величко и др., 2017; Wallers, 1978; Jongsmans et al., 1989; Johnson, 1990; Stein et al., 1994; Astakhov, 1997; Grosswald, 1998; Landvik et al., 1998; Svendsen et al., 2004; Makeev, 2009; Lüthgens et al., 2011; Kleber, Terhorst, 2013; Jakobsson et al., 2014; Makeev et al., 2015; Rusakov et al., 2019; и др.).

Известно, что изменения природной среды в поздневалдайское время происходили на фоне прогрессивного нарастания похолодания. В условиях холодного климата преобладали процессы литогенеза и криогенеза, которые на современной дневной поверхности отразились в реликтовой криогенной морфоскульптуре (РКМ) или палеокриогенном микрорельефе. Анализ литературы показал, что реликтовый микрорельеф и формирующие его отложения остаются объектами исследования многих специалистов. Интерес связан с тем, что формирующие микрорельеф отложения содержат в себе многочисленные реликты и архивы данных перигляциального криогенеза и педогенеза, которые оказывают влияние на современное голоценовое почвообразование (Бердников, 1976; Величко, 1973; Makeev А.О., Makeev О.В., 1989; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Makeev, 2012; Таратунина и др., 2024; Rusakov et al., 2019; и др.). Одна-

ко, как оказалось, некоторые закономерности остались без внимания, недостаточно поняты различия в проявлении процессов лито- и криогенеза позднего плейстоцена в отложениях и почвах разных природных зон центра Восточно-Европейской равнины, это и явилось целью данной работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования послужили позднеплейстоценовые отложения (покровные лессовидные суглинки, флювиогляциальные пески), являющиеся почвообразующими породами современных почв. Участки исследования располагались в трех почвенных зонах центра Восточно-Европейской равнины: дерново-подзолистых почв, серых почв и черноземов. Территория исследования в прошлом находилась в перигляциальной области эпохи валдайского оледенения, участки исследования располагались последовательно от ее приледниковой части к периферийной. Приводимый материал собран автором при полевых исследованиях около 25 разрезов-траншей в 6 субъектах Российской Федерации в меридиональном направлении протяженностью около 1500 км. Полученные материалы подкреплялись данными, опубликованными в литературе.

Дерново-подзолистые почвы и отложения (покровные лессовидные суглинки, флювиогляциальные пески) изучались в Вологодской (ключевые участки “Кубенское” и “Грязовец”), Ярославской (ключевой участок “Большое село”), Владимирской (ключевой участок “Мещера”) областях. Во Владимирской (ключевой участок “Кибол”), Московской (ключевой участок “Пушино”) и Тульской (ключевой участок “Венев”) областях исследовались серые почвы, сформированные на покровных лессовидных суглинках. Черноземы на покровных лессовидных суглинках изучались в Воронежской области (ключевой участок “Каменная степь”) (рис. 1).

В работе применяли комплекс методов.

Картографический метод использован для выявления палеокриогенного микрорельефа. На участках выполняли нивелирную съемку 50 × 50 м по сетке с шагом 2 м. Полученные цифры пересчитывали и приводили к общему значению с помощью изолиний через 5 и 10 см. Результаты обрабатывали в программах MS Excel и Surfer 7.

Морфологический и стратиграфический методы использовали для выявления форм микрорельефа, при изучении почвенного профиля, почвообразующих пород, палеокриогенных признаков, генетических и преобразованных горизонтов. Названия почв приведены по (Классификация и диагностика ..., 1977).

Применен AMS-метод датирования образцов почв. Полученные авторские и литературные дан-

ные обрабатывали в калибровочной программе OxCal (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>).

Сравнительно-географический метод включал параллельное изучение почв, почвообразующих пород (или отложений). Полученные данные анализировались и сопоставлялись для разных территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для понимания истории формирования позднеплейстоценовых отложений и решения проблемы, предложенной в работе, существует необходимость в анализе существующих в литературе концепций. Природная обстановка на исследуемой территории в прошлом не была стабильной, а смена процессов литогенеза и педогенеза обуславливала разные их сценарии в разные временные отрезки. Необходимо уточнить, что в современной теории литогенеза выделяют стадию седиментогенеза (Страхов, 1962), она включает такие процессы, как мобилизация веществ в коре выветривания, их перенос и осадкообразование на водосборных поверхностях. В настоящей работе под литогенезом понимается одна из его стадий, а именно седиментогенез, который наиболее тесно связан и участвует в процессах образования отложений и сформированных на них почв.

Палеогеографическая обстановка в позднем плейстоцене (теоретический анализ литературных данных)

Изменение природной обстановки рассматривается в период от окончания средневалдайского времени до современности. Климат обуславливал ход и смену ряда биохимических и физико-химических процессов, определивших формирование отложений разного генезиса и в дальнейшем образовании на этих отложениях современных почв.

По литературным данным, граница валдайского ледникового покрова простиралась субширотно от Вильнюса к Смоленску, далее к Рыбинскому водохранилищу и далее на северо-восток (Изменение ..., 1999; Палеоклиматы и палеоландшафты ..., 2009; Svendsen et al., 2004; и др.). В средневалдайское время (32–24 тыс. л.н.) существовали благоприятные для педогенеза климатические условия, в результате которых сформировались горизонты “брянской” почвы. Следом начался этап оледенения около 24 тыс. л.н., который завершился началом деградации покровного оледенения около 17 тыс. л.н. В этот период ландшафты были представлены перигляциальной тундрой и тундростепью до 45° с.ш., там же заканчивалась граница сплошной многолетней мерзлоты. Климатические условия были резко континентальные, холодные, что обуславливало криогенные процессы. В низкотем-

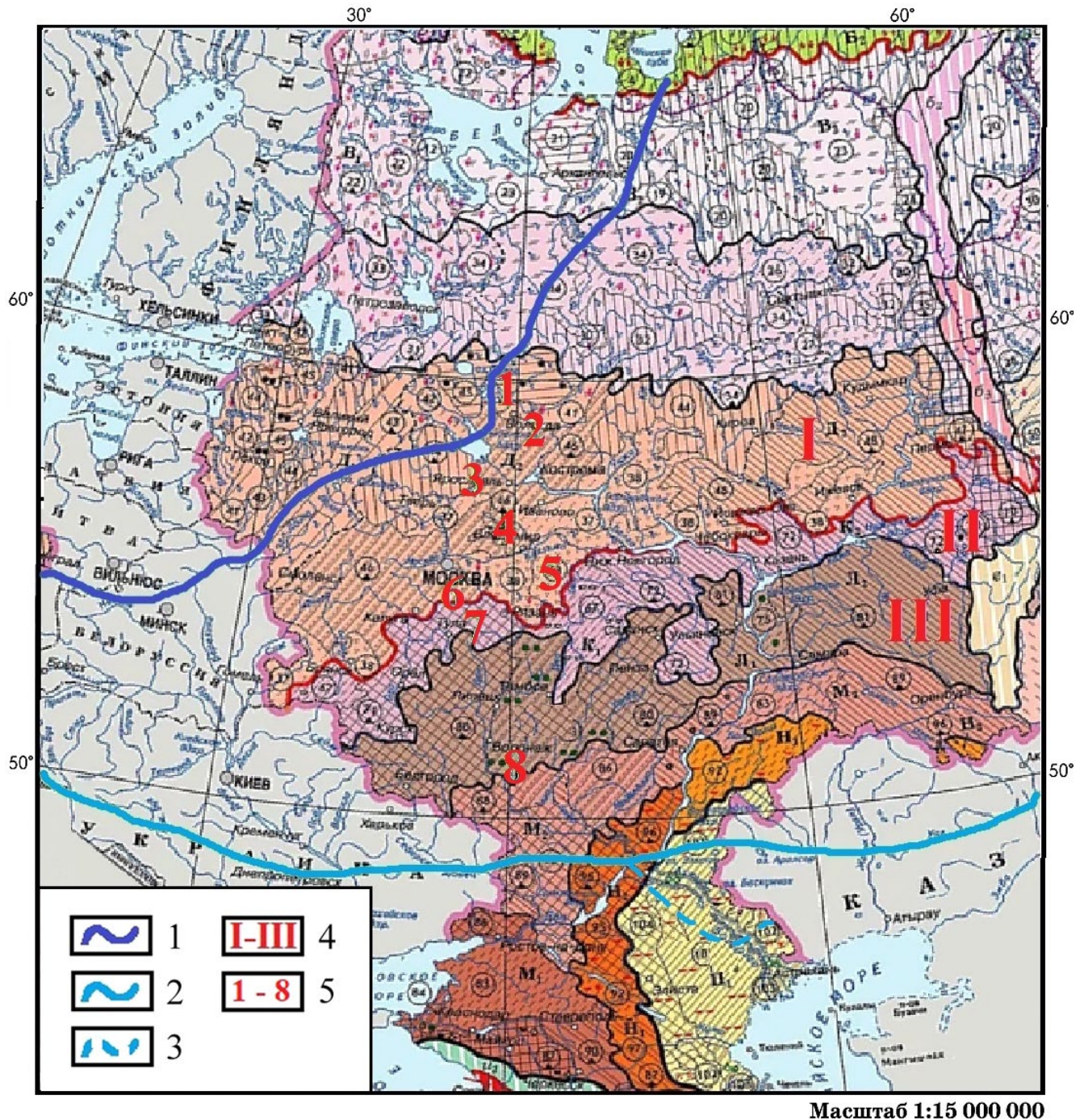


Рис. 1. Фрагмент карты почвенно-географического районирования центра Восточно-Европейской равнины (Добровольский и др., 2007). Положение ключевых участков исследования.

1 – граница валдайского оледенения; 2, 3 – южная граница позднеплейстоценовой зоны многолетней мерзлоты: 2 – по (Величко, 1973), 3 – по (Таратунина и др., 2024); 4 – зоны: I – дерново-подзолистых почв, II – серых почв, III – черноземов; 5 – ключевые участки: 1 – “Кубенское” (Вологодская область), 2 – “Грязовец” (Вологодская область), 3 – “Большое село” (Ярославская область), 4 – “Кибол” (Владимирская область), 5 – “Мещера” (Владимирская область), 6 – “Пушино” (Московская область), 7 – “Венев” (Тульская область), 8 – “Каменная степь” (Воронежская область).

Fig. 1. Fragment of the map of the soil-geographical zoning of the center of the East European Plain (Dobrovolskii et al., 2007). The position of the key research sites.

1 – the boundary of the Valdai glaciation; 2, 3 – the southern boundary of the Late Pleistocene permafrost zone: 2 – by (Velichko, 1973), 3 – by (Taratunina et al., 2024); 4 – zones: I – sod-podzolic soils, II – gray soils, III – chernozems; 5 – key sites: 1 – “Kubenskoye” (Vologda region), 2 – “Gryazovets” (Vologda Region), 3 – “Bolshoe Selo” (Yaroslavl Region), 4 – “Kibol” (Vladimir Region), 5 – “Meshchera” (Vladimir Region), 6 – “Pushchino” (Moscow Region region), 7 – “Venev” (Tula region), 8 – “Kamennaya Steppe” (Voronezh region).

пературных условиях формировались мощные ледяные и льдогрунтовые жилы, создающие систему полигонального рельефа (Величко, 1973; Бердников, 1976; Разрезы ..., 1977; Баулин и др., 1981; Величко и др., 1996; Алифанов и др., 2010; Макеев, 2012; и др.).

Второй этап поздневалдайского времени – период разрушения ледникового щита (17–12.4 тыс. л.н.). Усиливается аридность климата, деградирует область многолетней мерзлоты, формируются отложения или почвообразующие породы современных почв.

В потепления бёллинг (12.4–12.0 тыс. л.н.) и аллерёд (11.8–10.9 тыс. л.н.) с ростом температур продолжалась деградация ледникового покрова. Аналогичная обстановка существовала в среднем дриасе, но с некоторой аридизацией климата. В позднем дриасе (10.9–10.2 тыс. л.н.) происходит короткое, но сильное похолодание перед началом голоцена и возврат климатических условий, сходных с оледенением (Изменение ..., 1999).

Главной предпосылкой для формирования в центре Восточно-Европейской равнины отложений и современных почв стал фактор климата поздневалдайского времени, обусловивший периодический привнос минеральной массы эоловым и/или флювиальным путем. Помимо литогенеза, повсеместно проявлялись процессы криогенеза, прорабатывая и преобразуя осадочный материал и формируя в нем криогенные структуры. Для европейского сектора позднеплейстоценовой криогенной области выделено три главных криогенных горизонта: смоленский, владимирский и ярославский (Величко, 1973). Два из них, владимирский и ярославский, соотносятся со временем формирования отложений. Владимирский криогенный горизонт вклинивается в почвы брянского интерстадиала в период 25–23 тыс. л.н. Ярославский криогенный горизонт самый молодой, приходится на наиболее холодное время валдайского оледенения, его разделяют на две фазы формирования: фаза “а” – 20–18 тыс. л.н., фаза “б” – 15–13 тыс. л.н. Для фазы “а” свойственны повторно-жильные льды и клиновидные грунтовые структуры мощностью 3–4 м и площадью 15–20 м (Величко, 1973; Величко и др., 1996). Для фазы “б” характерно мелкополигональное морозобойное растрескивание.

Таким образом, климат определил литологическую неоднородность отложений за счет сформированных в них криогенных структур, проецирующихся на современную дневную поверхность в виде палеокриогенного микрорельефа или РКМ. Однако, как будет показано, проявление процессов литогенеза и криогенеза имеет зональность или закономерность, которая выражается в разном строении микрорельефа, морфогенетических особенностях палеокриогенных структур (ПКС) и погребенных почв (ПП).

Выявление и систематизация элементов палеокриогенного микрорельефа

Криолитогенез как процесс накопления, промерзания, протаивания, нахождения отложений (почвообразующих пород и почв) в мерзлом и талом, посткриогенном состояниях (Макеев, 2019) проявился развитием в рельефе местности упорядоченных криогенных трещин, в профилях почв – клиньев и карманов, а на дневной поверхности – в виде палеокриогенного микрорельефа. Микрорельеф был наиболее ярко выражен на начальном этапе формирования криогенных структур, последовавшее почвообразование в голоцене нивелировало его, а сельскохозяйственное освоение еще больше усилило этот эффект. Разнообразные системы реликтовых полигонально-блочных и трещиноватых форм хорошо сохранились в почвах и почвообразующих породах Евразии и Северной Америки (Величко 1973; Бердников, 1976; Величко и др., 1996, 2017; Алифанов и др., 2010; Макеев, 2012; Янина и др., 2017; Рябуха, 2018; Таратунина и др., 2024; Dylík, 1966; Wallers, 1978; Jongsmans et al., 1989; Johnson, 1990; Astakhov, 1997; Grosswald, 1998; Landvik et al., 1998; Rusakov et al., 2007, 2019; Makeev, 2009; Lüthgens et al., 2011; Kleber, Terhorst, 2013; Jakobsson et al., 2014; Makeev et al., 2015; Kurbanov et al., 2022; и др.).

Микрорельеф на дневной поверхности фиксируется космоснимками и нивелирной съемкой. На рис. 2 приведены карты микрорельефа поверхности, составленные на основе нивелирной съемки ключевых участков для разных территорий. Карты демонстрируют, что на территории от дерново-подзолистых почв Вологодской области до черноземов Воронежской области отчетливо проявляется микрорельеф, что также подтверждается литературными данными. Палеокриогенный микрорельеф представлен полигональной сетью в виде блоков-повышений и разделяющих их межблочных понижений.

В зоне дерново-подзолистых почв диаметр блоков варьируется в пределах 60–90 м, ширина межблочий 10–40 м, относительные превышения блоков над межблочьями 1–2.5 м (рис. 2а). В зоне серых почв и северных подтипов черноземов диаметр блоков 10–40 м, ширина межблочий 3–15 м, относительные превышения блоков над межблочьями 0.8–2.5 м (рис. 2б). На черноземах степи диаметр блоков 10–20 м, ширина межблочий 5–15 м, превышения составляют 0.3–0.5 м (рис. 2в). Итак, элементы микрорельефа с севера на юг, от приледниковой к периферийной части валдайского оледенения, приобретают менее выраженные формы. Размеры блоков уменьшаются, склоны блоков становятся более сглаженными, уменьшается ширина межблочий, относительные превышения блоков над межблочьями также уменьшаются. Формиро-

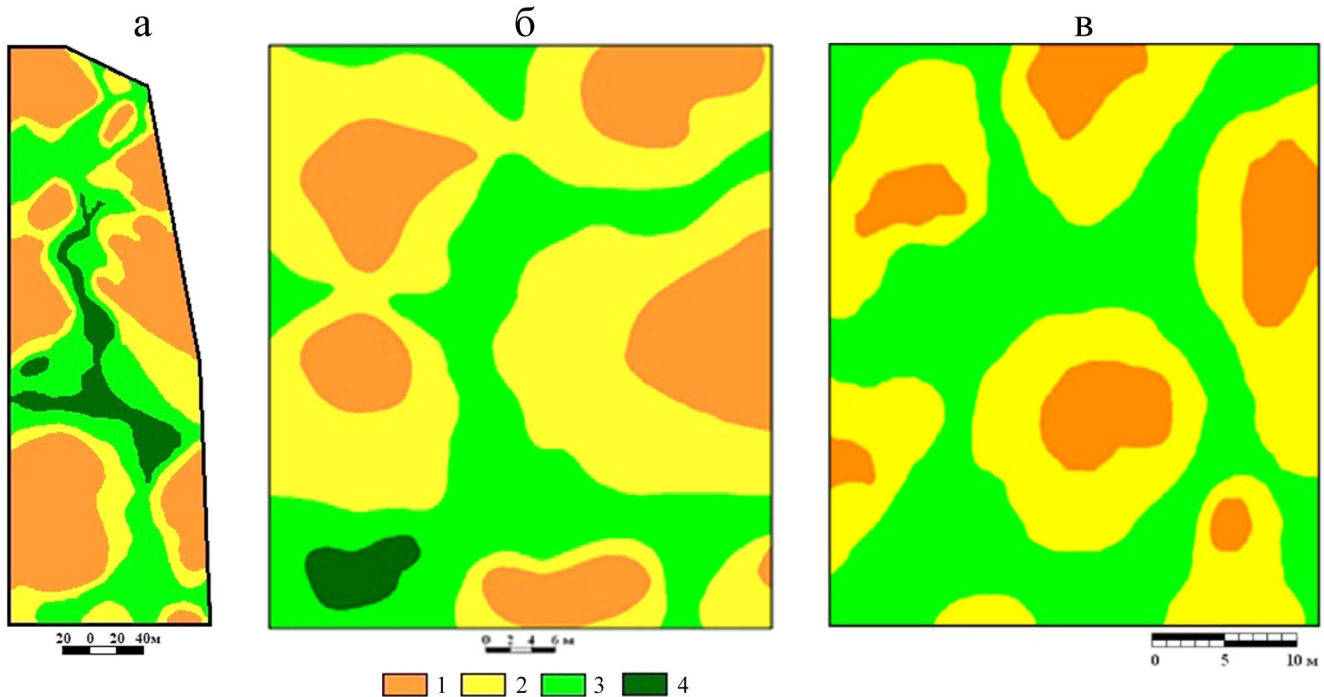


Рис. 2. Карты элементов палеокриогенного микрорельефа в центре Восточно-Европейской равнины.

а – ключевой участок “Грязовец”, Вологодская область, дерново-подзолистые почвы; б – ключевой участок “Пушино”, Московская область, серые почвы; в – ключевой участок “Каменная степь”, Воронежская область, черноземы.
1 – блочное повышение, 2 – склон между блочным повышением и межблочным понижением, 3 – межблочное понижение, 4 – западина.

Fig. 2. Maps of paleocryogenic microrelief elements in the center of the East European Plain.

а – the key site “Gryazovets”, Vologda region, sod-podzolic soils; б – the key site “Pushchino”, Moscow region, gray soils; в – the key site “Kamennaya Steppe”, Voronezh region, chernozems.
1 – block elevation, 2 – slope between block elevation and inter-block depression, 3 – inter-block depression, 4 – depression.

вание межблочий связано с образованием криогенных структур в поздневалдайское время при промерзании почвы с последующим их заполнением льдом, суглинком или песком, приносимыми с блоков с талыми водами или осыпанием минеральной массы, что также показано в целом ряде работ (Величко, 1973; Бердников, 1976; Баулин и др., 1981; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Алифанов и др., 2010; Макеев, 2012; Овчинников и др., 2020а, б; 2023; Rusakov et al., 2019; и др.).

Выявление и систематизация палеокриогенных структур

Дерново-подзолистые суглинистые почвы. На рис. За представлен разрез 2-2013 (58°53'20.16"N, 41°9'48.58"E), заложен в межблочье в обнажении песчаного карьера (табл. 1). В геоморфологическом отношении ключевой участок находится на плакорной водораздельной поверхности, сложенной ледниковыми отложениями (суглинки и супеси валунные), абсолютные отметки 125 м н.у.м. (Геологические карты ..., 1998). В профиле выявle-

на полигенетичная палеокриогенная клиновидная структура, заполненная песчаным (в нижней части) и суглинистым (в верхней части) материалом.

Песчаная структура залегает в пределах 2–5-го горизонтального метра стенки разреза и клином по вертикали проникает до глубины 195 см. Суглинистая структура в профиле почвы расположена выше и внедряется (проникает) сверху в песчаную крупным клином-карманом до глубины 120 см, а на 4-м горизонтальном метре – до глубины 190 см. Почвенная толща литологически неоднородна, ПКС полигенетична, заполнена суглинком и песком, морфологически представлена клином и клином-карманом, залегает с глубины 30–50 см от поверхности.

Разрез 10-2017 (59°26'15.97"N, 39°41'10.81"E) расположен на бровке террасы оз. Кубенское (см. табл. 1, рис. 36), сложенной озерно-ледниковыми отложениями (супеси и пески валунные), абсолютные отметки 135 м н.у.м. (Геологические карты ..., 1998). Профиль сложен покровным лессовидным суглинком до глубины 150–180 см, ниже подстилается флювиогляциальными отложениями. В данном случае ПКС состоит из серии клиньев. *Правый клин* рас-

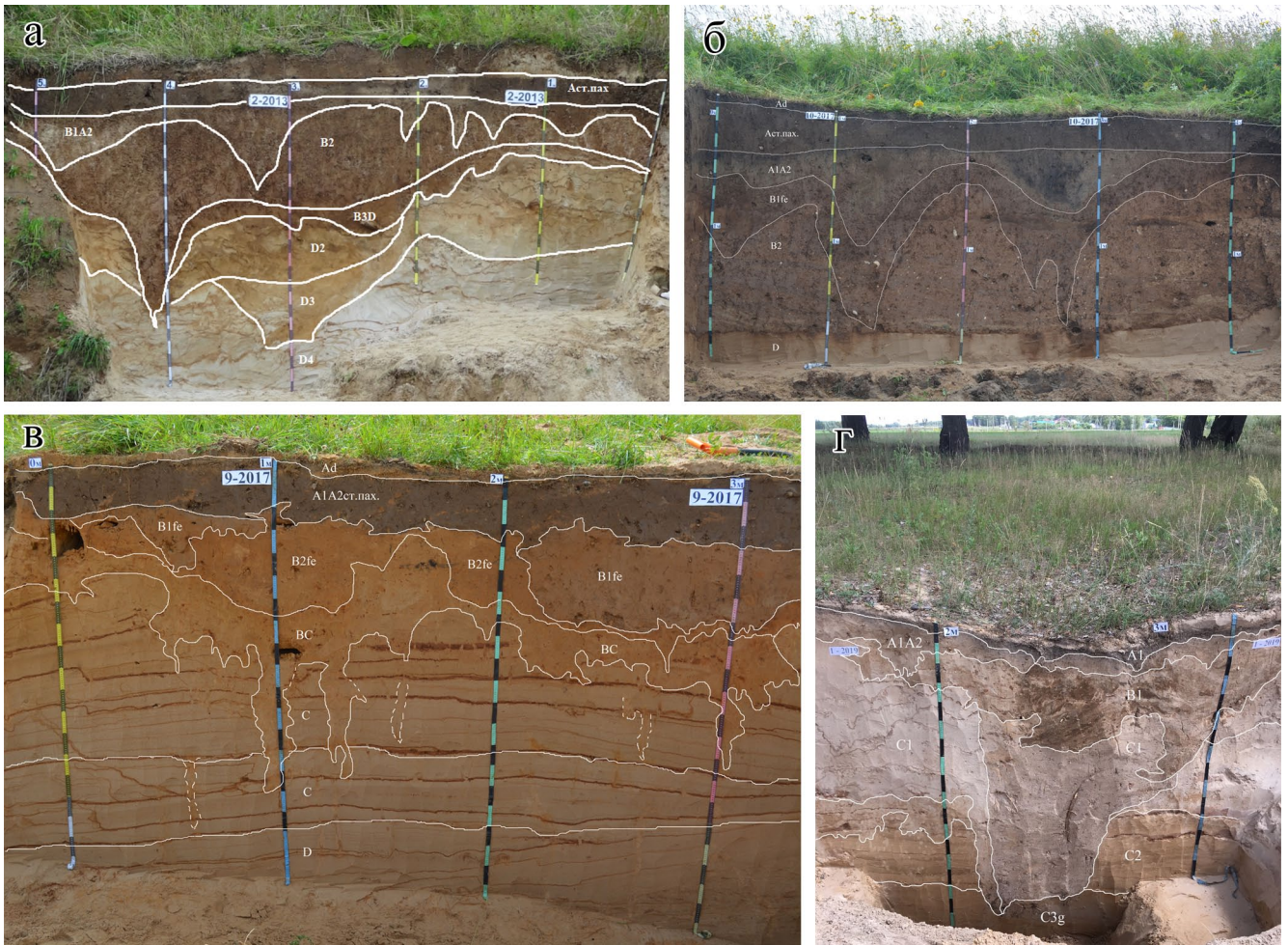


Рис. 3. Проявление палеокриогенеза в дерново-подзолистых почвах центра Восточно-Европейской равнины.

а – разрез 2-2013; дерново-подзолистая иллювиально-железистая палеокриоморфная, полигенетичная песчаная почва; ключевой участок “Грязовец”, Вологодская область; б – разрез 10-2017; дерново-подзолистая иллювиально-железистая палеокриоморфная суглинистая почва; ключевой участок “Кубенское”, Вологодская область; в – разрез 9-2017; дерново-подзолистая иллювиально-железистая палеокриоморфная песчаная почва; ключевой участок “Большое село”, Ярославская область; г – разрез 1-2019; дерново-подзолистая иллювиально-железистая палеокриоморфная песчаная почва; ключевой участок “Мешера”, Владимирская область.

Fig. 3. The aspects of paleocryogenesis in sod-podzolic soils of the center of the East European Plain.

а – section 2-2013; sod-podzolic illuvial-ferruginous paleocryomorphic, polygenetic sandy soil; the key site “Gryazovets”, Vologda region; б – section 10-2017; sod-podzolic illuvial-ferruginous paleocryomorphic loamy soil; the key site “Kubenskoye”, Vologda region; в – section 9-2017; sod-podzolic illuvial-ferruginous paleocryomorphic sandy soil; the key site “Bolshoe Selo”, Yaroslavl region; г – section 1-2019, sod-podzolic illuvial-ferruginous paleocryomorphic sandy soil; the key site “Meshchera”, Vladimir region.

положен на горизонтальной отметке 2.3–3.4 м, проникает до глубины 165 см. Средний клин находится на горизонтальной отметке 0.9–1.7 м, проникает до глубины 114 см. Левый клин расположен на участке 0.1–0.8 м, проникает до глубины 53 см. Итак, толща литологически неоднородна, ПКС представлена серией клиньев и сформирована с глубины 30–50 см.

Дерново-подзолистые песчаные почвы. В разрезе 9-2017 (57°42'29.13"N, 38°55'53.79"E) (см. табл. 1, рис. 3в), расположенном на плакорной во-

дораздельной поверхности из ледниковых отложений – морены (суглинки с галькой и валунами, валунно-галичные отложения), абсолютные отметки 137 м н.у.м. (Геологические карты..., 1998), диагностирована ПКС, состоящая из двух клиньев-карманов. Левый клин (на фото слева) – по центру 1-го горизонтального метра, его ширина 127 см. Клин состоит из двух частей. Главная, центральная его часть проникает до глубины 90 см, а от нее отходят два узких языка-клина. Один язык-клин ши-

Таблица 1. Систематизация форм и размеров палеокриогенных структур**Table 1.** Systematization of shapes and sizes of paleocryogenic structures

№ п. п.	№ разреза	Форма ПКС	Глубина, мощность ПКС, см	Ширина, мощность ПКС в верхней части, см	Глубина расположения ПКС от дневной поверхности, см	Геоморфологическая позиция разреза, ключевой участок, регион
Дерново-подзолистые почвы						
1	2-2013	Клин-карман	195	300	40–50	Плакор, ключевой участок “Грязовец”, Вологодская область
2	10-2017	Серия клиньев	53, 81, 165	350	30–50	Бровка террасы оз. Кубенское, ключевой участок “Кубенское”, Вологодская область
3	4-2014	Клин-карман	230	350	40–50	
4	11-2017	Серия клиньев	130–150	350	30–40	
5	9-2017	Клин-карман, серия клиньев	65–90	350	30	Плакор, ключевой участок “Большое село”, Ярославская область
6	1-2019	Клин-карман	175	150–200	30–50	Плакор, ключевой участок “Мещера”, Владимирская область
7	8-2017		100–120	200	30–40	
8	6-2012	Серия клиньев	120	100	25–30	Плакор, ключевой участок “Грязовец”, Вологодская область
9	8-2012		55–60	100	20–25	
Серые почвы						
10	11АГ-05	Клин	300	100	180	Коренной берег р. Каменка, ключевой участок “Кибол”, Владимирская область
11	1АГ-2007		400	200	180	Плакор, ключевой участок “Пушино”, Московская область
12	6АГ-2007		485	150	150	
13	1-2013		300	200	120	Плакор, ключевой участок “Венев”, Тульская область
Черноземы						
14	6-2005	Сгущение клиньев	100	200	160	Плакор, ключевой участок “Каменная степь”, Воронежская область
15	9АГ-2007		≈200	200	120	
16	1-2000		≈200	200	150	

риной в верхней части 23 см проникает до глубины 160 см, другой шириной в верхней части 13 см проникает до глубины 182 см. *Правый клин* (на фото справа) расположен на горизонтальной отметке 2.5 м, ширина в верхней части 170 см, он проникает до глубины 65 см.

Клинья литологически различаются, левый клин слагают песчаные отложения, а правый клин сложен сверху легким суглинком, снизу – песком. Почвенная толща литологически неоднородна, ПКС представлены серией клиньев-карманов, сформированы с глубины 30 см.

В разрезе 1-2019 (55°31'43.11"N, 41°57'3.16"E), заложенном на плакорной водораздельной поверхности ключевого участка “Мещера” (см. табл. 1, рис. 3г), покрытой водно-ледниковыми отложения-

ми времени отступления ледника (пески, супеси, суглинки), абсолютные отметки 115 м н.у.м. (Геологические карты ..., 1998), выявлена ПКС мощностью 175 см в форме клина-кармана, которая заполнена песчаным материалом, ширина ее в верхней части 150–200 см, сформирована с глубины 30–50 см.

Серые почвы изучались во Владимирской области. На коренном берегу р. Каменка на ключевом участке “Кибол” (56°26'23.84"N, 40°23'17.09"E), отложения ледниковые – основная морена (суглинки с гравием и галькой), абсолютные отметки 123 м н.у.м. (Геологические карты..., 1998) (см. табл. 1), заложили разрез 10АГ-05 на блоке и разрез 11АГ-05 – в межблочье. На основе морфологического анализа разрезов построена модель почвенной толщи (рис. 4а). Модель демонстриру-

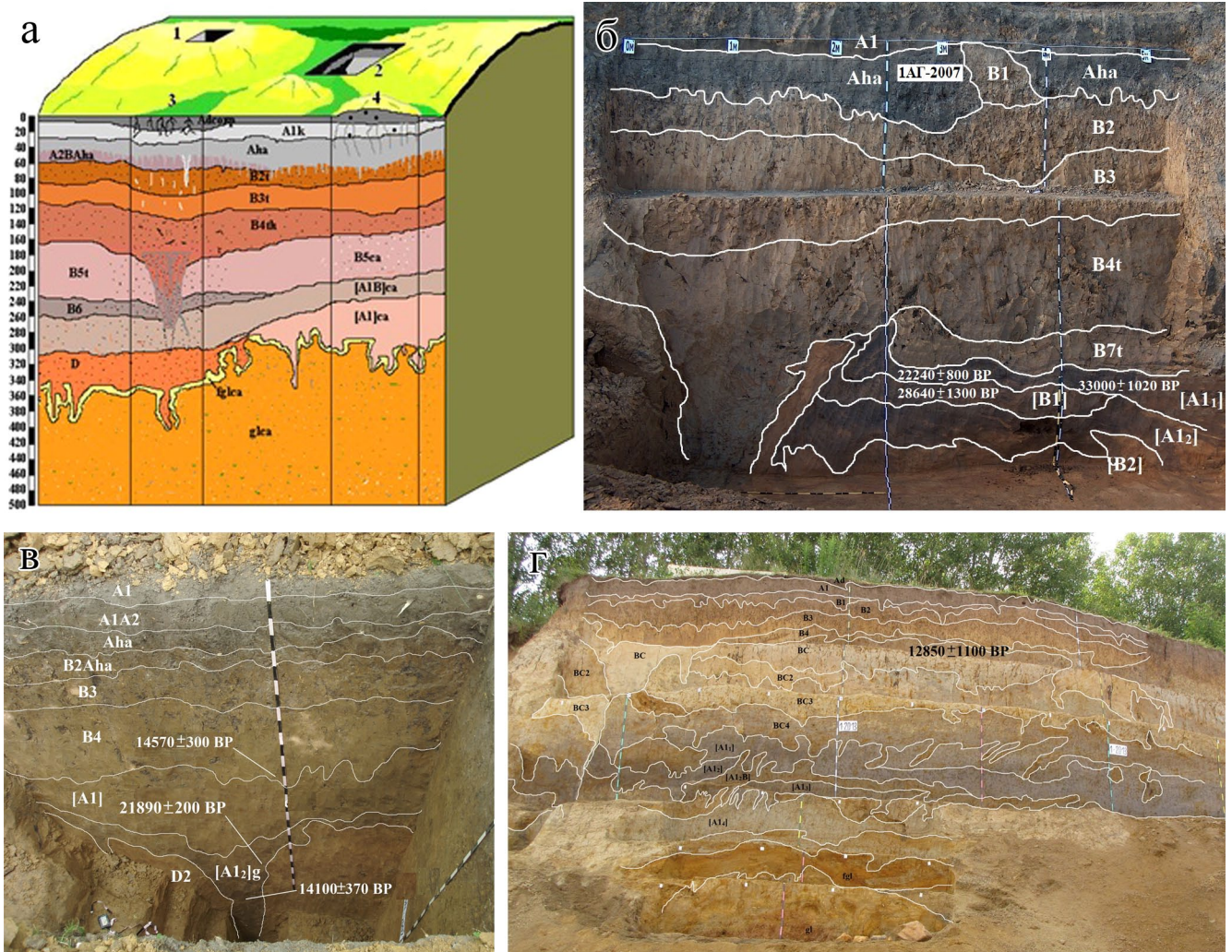


Рис. 4. Проявление палеокриогенеза в серых почвах центра Восточно-Европейской равнины.

а – модель строения почвенной толщи серых почв; ключевой участок “Кибол”, Владимирская область; б – профиль светло-серой оподзоленной почвы со ВГГ; ключевой участок “Пушино”, Московская область; в – профиль серой глеевой почвы со ВГГ; ключевой участок “Пушино”, Московская область; г – профиль серой оподзоленной глееватой почвы; ключевой участок “Венеv”, Тульская область.

Fig. 4. The manifestation of paleocryogenesis in the gray soils of the center of the East European Plain.

а – is a model of the structure of the soil column of gray soils; the key site “Kibol”, Vladimir region; б – is the profile of the light gray podzolic soil from the VGG; the key site “Pushchino”, Moscow oblast; в – is the profile of gray gley soil from the VGG; the key site “Pushchino”, Moscow oblast; г – is the profile of the gray podzolic gley soil; the key site “Venev”, Tula region.

ет выраженность микрорельефа, литологическое строение, наличие ПКС, над которой сформировано межблочье, стратиграфические горизонты приведены в полном соответствии с глубиной их залегания.

В разрезе межблочья выявлена крупная ПКС, сформированная с глубины 180 см, ее мощность 1 м. Структура деформирует нижележащие горизонты ПП, которая по морфологии, стратиграфии и залеганию в профиле соответствует брянской почве. Аналогичные горизонты ПП, нарушен-

ные криогенными деформациями, вскрыты в 40 км к югу в окрестностях г. Владимир при проведении археологических раскопок позднепалеолитического поселения “Сунгирь”, их возраст составил 25–30 тыс. лет (Позднепалеолитическое поселение..., 1998), что соответствует брянскому интервалу.

Серые почвы изучали в Московской области на плакорной водораздельной поверхности, сложенной ледниковыми отложениями – основной мореной (суглинки с гравием, галькой и валунами), абсолютные отметки 200 м н.у.м. (Геологиче-

ские карты..., 1998), на ключевом участке “Пушино” (см. табл. 1) в разрезе 1АГ-2007 (54°51'19.67”N, 37°25'16.77”E), заложенном в межблочье (см. табл. 1, рис. 4б), где выявлена крупная ПКС. Структура фиксируется с глубины 170–180 см до дна разреза 400 см, деформирует нижележащие на глубине около 3 м горизонты брянской ПП, радиоуглеродный возраст по ¹⁴C – 22 240 ± 800 ВР на глубине 295–305 см. В этой же стенке карьера в разрезе 2АГ-2007, заложенном на блоке, идентичные горизонты ПП имеют возраст 28 640 ± 1300 ВР на глубине 325–340 см и 33 000 ± 1020 ВР на глубине 310–315 см. Аналогичные горизонты ПП обнаружены в Смоленской области на глубине около 5 м, их ¹⁴C-возраст составляет 24 120 ± 350 ВР (Величко и др., 1996).

В разрезе 6АГ-2007 ключевого участка “Пушино” (54°46'43.92”N, 37°38'47.02”E) (см. табл. 1), расположенном на плакорной водораздельной поверхности, покрытой теми же отложениями (Геологические карты..., 1998), что и в разрезе 1АГ-2007, абсолютные отметки 243 м н.у.м., межблочье также сформировано над крупной ПКС (рис. 4в). Структура мощностью около 3 м (ее размеры соответствуют размерам таковой в разрезе 1АГ-2007) формируется с глубины 140 см до глубины 485 см от поверхности. В верхней части заполнена суглинистым горизонтом ПП ¹⁴C-возрастом 14 570 ± 300 ВР на глубине 140–170 см, в нижней части материал ¹⁴C-возрастом 14 100 ± 370 ВР на глубине 345–355 см. Возраст, полученный из верхней части структуры, демонстрирует время окончания процессов преимущественного криогенеза. Структура насквозь разбивает нижележащие горизонты ПП ¹⁴C-возрастом 21 890 ± 200 ВР. Несколько ранее на участке “Пушино” (Гугалинская и др., 2015) обнаружена одноименная почва ¹⁴C-возрастом 18 800 ± 1200 ВР, также криогенно-преобразованная.

Серые почвы в Тульской области изучали в разрезе 1-2013 (54°23'32.76”N, 38°10'11.15”E) (см. табл. 1, рис. 4г), на ключевом участке “Венев”, расположенном на плакорной водораздельной поверхности, покрытой ледниковыми отложениями – основной мореной (суглинки с гравием, галькой и валунами) (Геологические карты..., 1998), абсолютные отметки 195 м н.у.м. Межблочье сформировано над крупной ПКС, которая залегает с глубины 120 см и проникает до глубины 300 см. Структура деформирует ПП (по морфологии и стратиграфии – брянская), аналогичную почвам, вскрытым в разрезах во Владимирской и Московской областях.

ПКС сверху перекрывает слабо развитый слабогумусированный горизонт. Аналогичные ПКС и погребавшие их горизонты обнаружены в том же районе на расстоянии 3–5 км, где сформированы и черноземы. В разрезе 1-2009 ¹⁴C-возраст горизонта, погребавшего структуру на глубине 195–215 см от поверхности, составил 12 800 ± 1100 ВР, по стра-

тиграфии позднеплейстоценовой толщи разрезы очень похожи, однако глубина залегания почти на 1 м выше от дневной поверхности.

Черноземы изучались в степной зоне Воронежской области в заказнике “Каменная степь” на участках в “Лесополосе № 40” (51° 1'47.23”N, 40°43'34.55”E) и “Косимая степь” (51° 1'53.40”N, 40°43'43.38”E). Территория расположена на плакорной водораздельной поверхности, сложена ледниковыми отложениями – основной мореной (суглинки с валунами) (Геологические карты..., 1998), абсолютные отметки 215 м н.у.м., морена находится в периферийной части перигляциальной зоны эпохи валдайского оледенения в 1200 км на юг от границы максимального распространения ледника (Последний ..., 1969; Маккавеев и др., 2020). В ходе многолетних исследований ПКС и ПП выявлены на многих участках разного землепользования заказника: лесополосах, пахотных участках, косимых и некосимых участки (Алифанов и др., 2001, 2010; Гугалинская и др., 2015). Отличием от рассмотренных выше территорий является то, что ПКС представлены не в виде крупных клиновидных образований, а в виде сгущений языков-клиньев, над которыми сформированы межблочья (см. табл. 1, рис. 5). Языки-клинья имеют мощность около 1 м, сформированы на глубине 1.5–2.5 м и имеют пространственное распространение в пределах 1 м (через каждые 20–30 см). ПКС на всех участках имеют практически идентичные формы (Алифанов и др., 2001, 2010). Криогенный генезис данных структур не вызывает сомнения, так как на горизонтальных срезах структуры формируют полигональность. Морфологические особенности и малые размеры структур свидетельствуют о незначительных процессах криогенеза в поздневалдайское время на данной территории в отличие от таких же процессов в рассмотренных зонах серых и дерново-подзолистых почв. Аналогичные структуры зафиксированы в Самарской области, Нижнем Поволжье и Южном Предуралье (Янина и др., 2017; Рогов и др., 2020; Овчинников и др., 2021; Kurbanov et al., 2022; Рябуха, Поляков, 2024; Таратунина и др., 2024), которые относятся к периферийной части перигляциальной области валдайского оледенения.

На рис. 6 приведен профиль чернозема с полученными по разным генетическим горизонтам радиоуглеродными датами. Профиль почвы и даты рассматриваются снизу вверх.

Так, ¹⁴C-возраст палеокриогенно-преобразованных гумусовых горизонтов ПП на глубине 198–225 см равен 36 500 ± 1200 ВР, на глубине 185–225 см – 36 200 ± 1700 ВР, на глубине 230–260 см – 27 480 ± 1800 ВР, на глубине 200–230 см – 26 710 ± 1000 ВР. В Курской области подобные горизонты на глубине 115–300 см имеют возраст 33 140 ± 230 ВР (Сычева, 2012). Нет сомне-

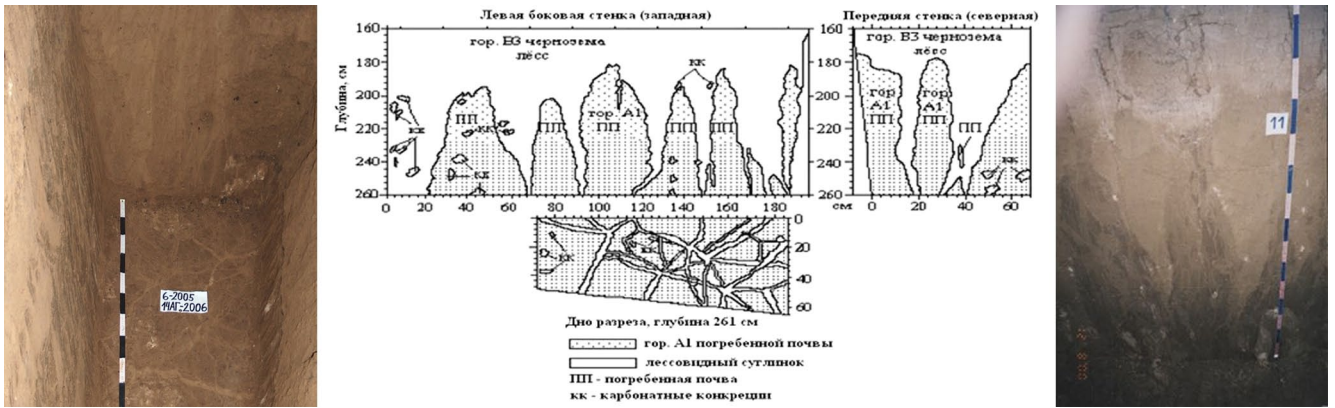


Рис. 5. Фото и схема ПКС и ПП, подстилающей современный чернозем. Межблочья. Разрезы 6-2005 (участок “Лесополоса № 40”, фото и схема слева, и 1А-2000 пашня, фото справа, по (Алифанов и др., 2010)). Ключевой участок “Каменная степь”. Воронежская область.

Fig. 5. Photo and scheme of thickenings of tongue-wedges and buried soil underlying modern chernozem. Interblocks. Section 6-2005 (section “Forest Belt No. 40”, photo and scheme on the left and 1-2000, arable land, photo on the right (Alifanov et al., 2010)). The key site “Kamennaya Steppe”. Voronezh region.



Рис. 6. Профиль чернозема типичного, подстилаемого ПП. Разрез 9АГ-2007. Межблочье. Участок “Косая степь”. Ключевой участок “Каменная степь”. Воронежская область.

Fig. 6. Typical chernozem profile, underlain by buried soils. Section 9AG-2007. The interblock. The site “Mowed steppe”. The key site “Kamennaya Steppe”. Voronezh region.

ний, что обнаруженные нами горизонты ПП и аналогичные горизонты, выявленные в почвенных толщах другими специалистами, не что иное, как брянская ПП. В перигляциальной и внеледниковой областях Восточно-Европейской равнины брянская ПП обладает яркими морфотипическими характеристиками, не позволяющими усомниться в ее диагностике (Величко, Морозова, 1972; Глушанкова, 2008; Сычева, 2012; Сычева и др., 2020). Типичный облик брянской ПП – гумусовые горизонты сосредоточены в крупных мерзлотных клиновидных структурах, в то время как карбонатный горизонт заполняет пространство между структурами. Отличительный морфотип брянской ПП создан не только процессами почвообразования, но и под влиянием криогенного процесса (первичного диагенеза) в валдайский ледниковый максимум (владимирский криогенный горизонт), когда брянская почва еще сохранялась на дневной поверхности (Sycheva, Khokhlova, 2016; Sycheva et al., 2019). Данное положение также подтверждают рис. 5 и 6.

Анализ собственных материалов, в том числе не вошедших в данную работу (Алифанов и др., 2001, 2010; Овчинников и др., 2020, 2021, 2023), показал, что отложения поздневалдайского времени представлены разным материалом (покровным лессовидным суглинком и флювиогляциальным песком) (Карта ..., 2014) и преобразованы различными по морфологии ПКС (см. табл. 1).

Собственные материалы по возрасту ПП и ПКС дополнены данными литературы (Алифанов и др., 2001, 2010; Величко и др., 1996; Сычева, 2012; Гугалинская и др., 2015; Овчинников и др., 2020а, б; Sedov et al., 2016), приведены в табл. 2 и обсуждаются в тексте.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ палеогеографических обстановок позднего плейстоцена, с заключительной стадии средневалдайского времени и до начала голоцена, показал, что в холодные климатические стадии происходили процессы криогенеза, литогенеза и синлитогенного педогенеза, а в теплые стадии при отступании ледника и его деградации – протаивание почв, нахождение их в талом состоянии, сопровождавшееся процессами литогенеза (палеоседиментогенеза) и преимущественно педогенеза. На литологическую неоднородность отложений (покровные лессовидные суглинки и флювиогляциальные пески) существенное влияние оказали процессы поздневалдайского криогенеза, которые преобразовывали уже сформированные почвенно-литологические толщи, оставив после себя криогенные структуры. Процессы формирования и заполнения структур шли параллельно, о чем свидетельствуют полученные данные датировок ПКС в верхних и нижних их частях. На всей изученной террито-

рии сформированные в поздневалдайское время криогенные структуры проявились на современной дневной поверхности в виде полигонального микрорельефа, что подтверждено картографическим материалом собственных исследований и литературными данными (Величко, 1973; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Алифанов и др., 2010; Rusakov et al., 2019; и др.). Микрорельеф представлен упорядоченной системой блоков и разделяющих блоки межблочных понижений. С продвижением с севера на юг в пределах 1200 км микрорельеф становится менее выраженным и сглаженным вследствие разной напряженности криогенных процессов в прошлом. Также эта закономерность может быть связана с тем, что более северные районы позже высвободились от влияния ледникового покрова, здесь большая площадь покрыта ледяными, а расположение в зоне рискованного земледелия обеспечило меньший агрогенез.

По интенсивности и продолжительности процессов криогенеза, литогенеза и педогенеза со средневалдайского времени и до современности всю рассмотренную территорию также можно поделить на зоны.

В зоне дерново-подзолистых почв, в пределах 400–500 км от края последнего ледника, ПКС крупные клиновидные, кармановидные или состоят из серии клиньев (табл. 2, 3). Разнообразные формы и размеры структур (крупные ПКС или псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам (ППЖЛ) мощностью до 2.5 м) свидетельствуют о разной интенсивности промерзания и наличии многолетней мерзлоты в прошлом (Романовский, 1977; Таратунина и др., 2024). В местах с меньшей влагообеспеченностью образовывались серии клиньев и карманы, заполненные разнообразным минеральным материалом. Разный гранулометрический состав отложений свидетельствует о разных условиях литогенеза (седиментогенеза), а разные по форме ПКС – о разных условиях криогенеза (см. табл. 2 и 3, рис. 7).

В случае, когда пески подстилаются плотной мореной или многолетнемерзлыми породами, клиновидные структуры приобретают кармановидную форму. Крупные клинья или же серии клиньев, расположенные в профиле почвы через 1–2–3 м, формируют крупную полигонально-жильную систему, проявляющуюся на дневной поверхности в виде микрорельефа. Аналогичные по размерам и мощности ПКС для данной территории и прилегающих регионов зоны распространения дерново-подзолистых почв зафиксированы несколькими коллективами ученых, в том числе в Смоленской области, на севере и западе Украины (Бердников, 1976; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Rusakov et al., 2007, 2019).

Вероятно, это связано с равноудаленностью упомянутых территорий от края ледникового щита

Таблица 2. Данные ¹⁴C-датирования образцов погребенных почв и палеокриогенных структур

Table 2. Data from ¹⁴C dating of samples of buried soils and paleocryogenic structures

Лабораторный номер	Разрез, регион, ссылка	Вмещающие отложения, глубина от дневной поверхности, см	BP (1σ)	cal BP 68.3 (1 sigma) 95.4 (2 sigma)
Дерново-подзолистые почвы				
LU-7189	Черемошник, Ярославская область (по: Sedov et al., 2016)	ПП, 320–340	22 920 ± 470	68.3 (1 sigma) cal BP 27 295 ± 410 26 580 ± 69 95.4 (2 sigma) cal BP 27 065 ± 992
IGAN-2656	Щетинское, Вологодская область (по: Sedov et al., 2016)	ПП, 70–80	24 350 ± 1850	68.3 (1 sigma) cal BP 28 993 ± 1996 95.4 (2 sigma) cal BP 29 951 ± 4436 25 417 ± 68
IGAN-3082		ПП, 95–110	30 670 ± 929	68.3 (1 sigma) cal BP 35 216 ± 904 95.4 (2 sigma) cal BP 35 385 ± 2200
IGAN-3081		ПП, 170–180	30 900 ± 1420	68.3 (1 sigma) cal BP 35 593 ± 1682 95.4 (2 sigma) cal BP 36 210 ± 3458 32 439 ± 182
Ki-15480	Косково, Ярославская область (по: Sedov et al., 2016)	ПП, 310–340	31 700 ± 260	68.3 (1 sigma) cal BP 36 022 ± 281 95.4 (2 sigma) cal BP 35 992 ± 570
IGAN-3323	Пужбол, Ярославская область (по: Sedov et al., 2016)	ПП, 390–420	35 100 ± 2500	68.3 (1 sigma) cal BP 39 770 ± 2555 95.4 (2 sigma) cal BP 41 595 ± 6430
IGAN-3322	Косково, Ярославская область (по: Sedov et al., 2016)	ПП, 310–340	46 700 ± 3500	68.3 (1 sigma) cal BP 54 085 ± 224 49 678 ± 2889 95.4 (2 sigma) cal BP -45555 calBP
Серые почвы				
GIN-14221	Серые почвы и северные подтипы черноземов, 1-2009, Тульская область (по: Овчинников и др., 2020a)	ПП, 195–215	12 850 ± 1100	68.3 (1 sigma) cal BP 15 300 ± 1550 95.4 (2 sigma) cal BP 15 775 ± 2875
IGAN-3809	6АГ-2007, Московская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПКС, 345–355	14 100 ± 370	68.3 (1 sigma) cal BP 17 175 ± 575 95.4 (2 sigma) cal BP 17 175 ± 1025
IGAN-3808		ПКС, 140–170	14 570 ± 300	68.3 (1 sigma) cal BP 17 800 ± 400 95.4 (2 sigma) cal BP 18 550 ± 100 17 657 ± 675
GIN-4025	2-83П, Московская область (по: Гугалинская и др., 2015)	ПП, 195–220	18 800 ± 1200	68.3 (1 sigma) cal BP 22 800 ± 1500 95.4 (2 sigma) cal BP 23 050 ± 2900

Таблица 2. Окончание

Table 2. Ending

Лабораторный номер	Разрез, регион, ссылка	Вмещающие отложения, глубина от дневной поверхности, см	BP (1σ)	cal BP 68.3 (1 sigma) 95.4 (2 sigma)
Серые почвы				
IGAN-4228	ЗАГ-2007, Московская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 240–253	21 890 ± 200	68.3 (1 sigma) cal BP 26 145 ± 370 95.4 (2 sigma) cal BP 26 737 ± 72 26 151 ± 345
GIN-14214	1АГ-2007, Московская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 295–305	22 240 ± 800	68.3 (1 sigma) cal BP 26 575 ± 775 95.4 (2 sigma) cal BP 26 675 ± 1725
IGAN-398a	Смоленская область (по: Величко и др., 1996)	ПП, ≈500	24 120 ± 350	68.3 (1 sigma) cal BP 28 275 ± 375 95.4 (2 sigma) cal BP 28 400 ± 700
IGAN-3807	2АГ-2007, Московская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 325–340	28 640 ± 1300	68.3 (1 sigma) cal BP 32 950 ± 1400 95.4 (2 sigma) cal BP 33 475 ± 2775 30 500 ± 100
IGAN-3806		ПП, 310–315	33 000 ± 1020	68.3 (1 sigma) cal BP 37 825 ± 1275 95.4 (2 sigma) cal BP 38 025 ± 2425
Черноземы				
IGAN-3817	9АГ-2007, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПКС, 135–160	17 850 ± 650	68.3 (1 sigma) cal BP 21 625 ± 775 95.4 (2 sigma) cal BP 21 650 ± 1600
IGAN-3811	6-2005, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 200–230	26 710 ± 1000	68.3 (1 sigma) cal BP 30 975 ± 1075 95.4 (2 sigma) cal BP 31 400 ± 2300
IGAN-3812	9-2005, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 230–260	27 480 ± 1800	68.3 (1 sigma) cal BP 32 100 ± 2050 95.4 (2 sigma) cal BP 33 025 ± 2425
IGAN-3816	1-2004, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 215–260	28 940 ± 1800	68.3 (1 sigma) cal BP 33 272 ± 2011 95.4 (2 sigma) cal BP 34 594 ± 4455
Ki-8211	Александровский карьер, Курская область (по: Сычева, 2012)	ПП, 115–300	33 140 ± 230	68.3 (1 sigma) cal BP 37 720 ± 510 95.4 (2 sigma) cal BP 37 955 ± 934
IGAN-3815	9АГ-2007, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 185–225	36 200 ± 1700	68.3 (1 sigma) cal BP 41 000 ± 1350 95.4 (2 sigma) cal BP 40 925 ± 3325
IGAN-3810	1А-2000, Воронежская область (по: Алифанов и др., 2010)	ПП, 198–225	36 500 ± 1200	68.3 (1 sigma) cal BP 41 400 ± 850 95.4 (2 sigma) cal BP 41 150 ± 1750

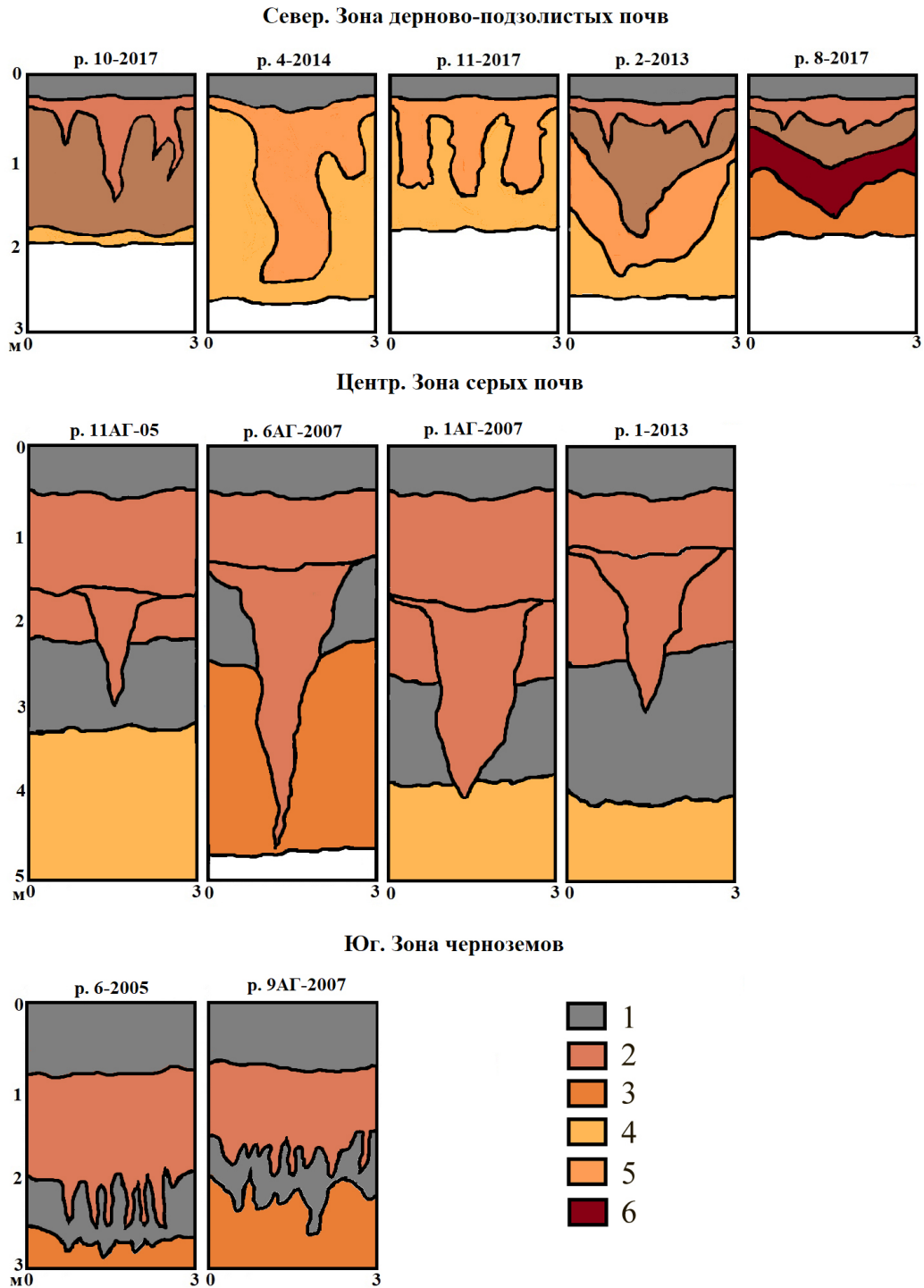


Рис. 7. Схемы строения почвенных разрезов с палеокриогенными структурами в центре Восточно-Европейской равнины.

1 – гумусовый горизонт современных и погребенных почв, 2 – современный иллювиальный горизонт (покровные лёссовидные суглинки), 3 – погребенный иллювиальный горизонт, 4 – флювиогляциальные отложения, 5 – палеокриоморфные флювиогляциальные пески, 6 – моренные отложения.

Fig. 7. Schemes of the structure of soil sections with paleocryogenic structures in the center of the East European Plain.

1 – humus horizon of modern and buried soils, 2 – modern illuvial horizon (covering loess-like loams), 3 – buried illuvial horizon, 4 – fluvio-glacial deposits, 5 – paleocryomorphic fluvio-glacial sands, 6 – moraine deposits.

в прошлом. Морфология структур, глубина проникновения и практически сходная глубина залегания от дневной поверхности указывают на идентичность процессов криогенеза и литогенеза как во время формирования структур, так и после их погребения. Малая мощность “погребающего” минерального слоя над ПКС (в среднем 30–50 см от поверхности) свидетельствует о незначительных или кратковременных процессах седиментогенеза на данной территории.

Мощность отложений в зоне дерново-подзолистых почв, в которых сосредоточены ПКС, не превышает 2.5 м. Разнообразие и формы ПКС напрямую связаны с гранулометрическим составом, увлажненностью территории, подстиланием морской, наличием многолетней мерзлоты в прошлом (Романовский, 1977; Таратунина и др., 2024). Опираясь на данные (Мокиевский и др., 2023), полученные на основе OSL-датирования песчаного и пылеватого материала, отобранного из ПКС, можно увидеть, что возраст структур варьируется от 8.9–14.8 тыс. л.н. в зависимости от глубины залегания в профиле: чем ближе к дневной поверхности, тем моложе. Полученные исследователями даты совпадают с окончанием фазы “б” ярославского криогенного этапа и охватывают временной интервал раннего, среднего и позднего дриаса и начальный этап межледниковья.

Наши исследования показали, что материал, погребающий ПКС, маломощный и составляет 30–50 см от дневной поверхности, сформирован 9 тыс. л.н. и позднее, и, вероятно, перестройка природной обстановки на данной территории происходила в это время, а не около 10.2 тыс. л.н., как принято считать.

Что касается ПП средневалдайского времени на рассматриваемой территории в зоне дерново-подзолистых почв, то, по данным наших исследований и других ученых (Бердников, 1976; Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Мокиевский и др., 2023; Rusakov et al., 2019), можно утверждать, что подобные горизонты не подстилали приведенные выше поздневалдайские толщи (см. рис. 7, табл. 3). Вероятно, существует проблема в обнаружении подобных горизонтов на данной территории, что, возможно, связано с эрозионными процессами в прошлом и полной деградации соответствующих горизонтов средневалдайских палеопочв. Единично в литературе встречаются упоминания о таких горизонтах, но в большинстве своем они залегают на значительной глубине, за исключением разреза Щетинское (Sedov et al., 2016). Приведенные ¹⁴C-даты в табл. 2 необычно древние, что требует дополнительной дискуссии и осмысления.

В зоне распространения серых почв, на расстоянии 500–800 км от края валдайского ледника, в пределах 250–300 км от Владимирской до Тульской области, все рассмотренные ПКС суглини-

стые и имеют сходное строение (см. рис. 7, табл. 3). Большая мощность ПКС указывает на интенсивность процессов криогенеза во время их формирования в поздневалдайское время. Исследованные структуры аналогичны описанным в литературе (Алифанов, 1995; Величко и др., 1996; Алифанов и др., 2010; Овчинников и др., 2020а, б). Как выяснилось, структуры развиты повсеместно, имеют сходные морфологические особенности, залегают на глубине от 1.5 до 5 м. Возраст формирования всех рассмотренных и выявленных нами палеокриогенных структур идентичен – в пределах 14–15 тыс. л.н., что соответствует фазе “б” ярославского криогенеза и раннему дриасу. Сверху структуры погребены материалом того же суглинка, вероятно, пионерных инициальных почв, возраст которых для Тульской области составляет 12–13 тыс. л.н., что совпадает с позднеледниковьем и потеплением бёллинг. Вероятно, в этот период на данной территории произошла перестройка природной среды и стали доминировать процессы педогенеза. В современных почвах этой зоны повсеместно встречается ВГГ, который соответствует времени окончания позднеледниковья. Мощность покровных лессовидных суглинков, в которых сосредоточены ПКС, и перекрывающая их толща свидетельствуют об интенсивных на данной территории процессах литогенеза.

В изученных почвенных толщах выявлены горизонты средневалдайских ПП, которые залегают на глубине 2.5–3.5 м от дневной поверхности, а возраст их варьируется в пределах 22–33 тыс. л.н. (см. табл. 2), что совпадает с брянским интервалом, а их криогенная проработанность – с владимирским криогенным этапом, за исключением локально обнаруженной пушинской ПП (Гугалинская и др., 2015) (см. табл. 2), возраст которой предшествует и совпадает с фазой “а” ярославского криогенеза. Встречаемость горизонтов ПП с таким возрастом единична, вероятно, большинство из них либо не сформировались вовсе либо были деградированы в период ярославского криогенеза, о чем свидетельствует криогенная преобразованность всех выявленных горизонтов ПП (см. рис. 7, табл. 2 и 3).

Таким образом, собственные материалы и литературные данные показали, что в зоне распространения серых почв на обширной территории Владимирской, Московской, Смоленской, Брянской, Тульской областей состояние природной среды проявлялось в периодической смене процессов литогенеза, криогенеза и педогенеза начиная с конца средневалдайского времени до настоящего времени. После окончания педогенеза в средневалдайское время, о чем свидетельствуют повсеместно сформированные горизонты брянской и локально пушинской ПП, наступила эпоха осадконакопления с преимущественными криогенными процессами. Процессы литогенеза погребали сформир-

рованные к тому времени горизонты ПП, а процессы криогенеза прорабатывали или уничтожали профили бывших палеопочв и преобразовывали вновь поступающий материал суглинка. Сходная стратиграфия профилей, изученных в разных регионах, и приведенные данные радиоуглеродного датирования указывают на то, что все рассмотренные палеокриогенные структуры формировались примерно в одно время. Некоторая идентичность морфологических особенностей ПКС (строение и размеры), выявленная в почвах на разных ключевых участках, предполагает сходство в интенсивности процессов палеокриогенеза на обширных территориях Центральной России. В данном случае в зоне серых почв в пределах 250–300 км влияние палеокриогенных процессов на формирующиеся отложения было одинаковым.

Анализ ПКС в зоне черноземов на расстоянии около 1200–1500 км от границы максимального распространения валдайского ледника выявил несколько другие их морфогенетические особенности. ПКС небольшие по мощности и представлены сгущениями языков-клиньев (см. рис. 7, табл. 2 и 3). Правильная клиновидная форма языков-клиньев, их грунтовое заполнение и полигональность их окончаний на горизонтальных срезах свидетельствуют о криоаридных условиях их формирования за счет осыпания минеральной массы с бортов клиньев, а малые размеры – о недолговременных процессах криогенеза. Аналогичные структуры описаны в литературе (Алифанов и др., 2001, 2010; Сычева, 2012; Сычева и др., 2020; Овчинников и др., 2021; Апарин и др., 2016; и др.), в том числе для Курской и Самарской областей, также являющихся периферийной частью перигляциальной зоны валдайского оледенения. Как выяснилось, структуры развиты повсеместно в рассматриваемой зоне, имеют сходные морфологические особенности, залегают на глубине от 1 до 2.5 м от поверхности. Возраст всех рассмотренных и выявленных нами ПКС 17–18 тыс. л.н. и совпадает с фазой “а” ярославского криогенеза. Нижележащие ПП также преобразованы криогенезом, но, вероятно, более древним, судя по их возрасту, – во владимирский криогенный этап, а затем в ярославский. Опираясь на возраст ПП, можно предположить этапы криогенеза в период 17–25 тыс. л.н., сразу же после брянского интерстадиала. Сверху ПКС погребены материалом лессовидного суглинка, проработанного педогенными процессами в голоцене.

Сформированные ПКС деформируют подстилающие средневалдайские хорошо развитые ПП. Палеогеографами и палеопочвоведомы возраст наиболее выраженной почвы – брянской – определен в интервале 32–24 тыс. л.н., однако в зависимости от территории возрастной диапазон может варьироваться от 22–24 до 32–34 тыс. л.н. (Морозова, 1981; Чичагова, 1985; Чичагова, Черкинский, 1988),

а проработанность криогенезом данных ПП можно сопоставить с владимирским этапом. Анализ данных радиоуглеродного датирования показал, что диапазон формирования данных палеопочв несколько шире, чем принято считать, и различается в зависимости от территории. Так, возраст ПП, изученных в заказнике “Каменная степь” Воронежской области и почв в карьерах Курской области (Сычева, 2012), варьируется от 26.5 до 36.5 тыс. л.н. Данные литературы показали, что возраст почв может быть и несколько древнее. Например, на палеолитической стоянке “Костенки” в Воронежской области выявлено несколько ритмов почвообразования: 35–32, 26–25, 22–20 тыс. л.н. (Апарин и др., 2016) и в интервале 28–32 тыс. л.н. (Сычева и др., 2015). Наличие ПП, глубина их залегания и перекрывающего их суглинка, проработанность материала ПП и суглинка криогенными процессами и одинаковый радиоуглеродный возраст демонстрируют идентичность природных процессов в пространстве и во времени.

Таким образом, на территории центра Восточно-Европейской равнины выявлена зональность и уточнена хронология процессов средневалдайского педогенеза, поздневалдайского литогенеза и криогенеза, голоценового литогенеза и педогенеза. Например, в изученных черноземах горизонты средневалдайских ПП залегают на глубине примерно 2–2.5 м и их возраст варьируется в пределах 26.5–36.5 тыс. л.н. и древнее. В зоне серых почв горизонты залегают на глубине 2.5–3.5 м и сформированы в период 19–33 тыс. л.н. При проведении собственных исследований в зоне дерново-подзолистых почв горизонты аналогичных средневалдайских ПП не выявлены ни в одном из разрезов. Вероятно, они были уничтожены или преобразованы в поздневалдайское время. Выявленные горизонты ПП в зоне современных серых почв и черноземов лесостепи, их возраст и глубина залегания свидетельствуют о некоторой дифференциации или подзональности территорий в прошлые эпохи. Возраст горизонтов, расположенных в периферийной части (зона черноземов) перигляциальной зоны эпохи валдайского оледенения, древнее, чем в центральной части (зона серых почв). Вероятно, процессы педогенеза в средневалдайское время и последующего литогенеза и криогенеза в поздневалдайское время в периферийной части перигляциальной зоны происходили значительно раньше, чем принято считать, и, возможно, есть необходимость в расширении возрастного диапазона формирования горизонтов средневалдайских ПП.

Анализ собственных и литературных данных также позволил выявить разный временной диапазон процессов педогенеза в средневалдайское время на разных территориях центра Восточно-Европейской равнины. Так, в черноземах степной зоны – 16 тыс. лет (20–36.5 тыс. л.н.), в серых почвах – 4 тыс.

лет (19–33 тыс. л.н.), в зоне дерново-подзолистых почв – неизвестно или ПП уничтожены.

В отличие от формирования средневалдайских ПП выявлена обратная закономерность по времени процессов криогенеза в поздневалдайское время. Этапы и скорость криогенеза для разных территорий также можно разделить на хронозоны. На черноземах степи – примерно 1 тыс. лет (17–18 тыс. л.н., фаза “а” ярославского криогенеза), в зоне серых почвах – 1 тыс. лет (14–15 тыс. л.н., фаза “б” ярославского криогенеза), в зоне дерново-подзолистых почв – 6 тыс. лет (9–15 тыс. л.н., фаза “б” ярославского криогенеза, ранний, средний и поздний дриас, начальный этап межледниковья). То есть проработка поздневалдайским криогенезом сформированных отложений и подстилающих данные отложения средневалдайских ПП происходила постепенно с юга на север, что связано, вероятно, с максимальным развитием, а затем постепенной деградацией ледникового щита. Для разных территорий центра Восточно-Европейской равнины в направлении с юга на север начиная со средневалдайского времени происходила поэтапная смена процессов педогенеза, литогенеза и криогенеза и наоборот.

Мощность отложений, перекрывающих и вмещающих ПКС, внутри каждой зоны в целом одинаковая, что демонстрирует сходные процессы литогенеза в каждой индивидуально рассматриваемой зоне как в позднем плейстоцене, так и в голоцене (см. рис. 7, табл. 2 и 3). Между тем разные зоны отличаются друг от друга по мощности осадка перекрывающего ПКС, будь то покровные лесовидные суглинки или флювиогляциальные отложения. Таким образом, максимальное осадконакопление в этапы криогенеза поздневалдайского времени и в голоцене происходило на территориях распространения современных серых почв, т. е. в центральных регионах Европейской России.

Процессы литогенеза поздневалдайского времени (по окончании формирования криогенных структур) и педогенеза в голоцене также длились поразному: в черноземах – 17 тыс. лет (конец формирования ПКС – 17–18 тыс. л.н.), в серых почвах – 14 тыс. лет (конец формирования ПКС – 14–15 тыс. л.н.), в зоне дерново-подзолистых почв – 9 тыс. лет (конец формирования ПКС – 9–15 тыс. л.н.).

Анализ дневной поверхности центра Восточно-Европейской равнины, представленной палеокриогенным микрорельефом, также выявил его неоднородность или зональность. Элементы микрорельефа с продвижением с севера на юг, от приледниковой к периферийной части перигляциальной зоны эпохи валдайского оледенения, приобретают менее выраженные формы. Склоны блоков становятся более сглаженными (пологими), и уменьшаются размеры блоков, ширина межблочий и относительные превышения блоков над межблочьями. На наш

взгляд, это также связано с интенсивностью процессов криогенеза в прошлом и сменой палеоусловий как во времени, так и в пространстве. Выраженность микрорельефа на современной поверхности связана со временем высвобождения территорий от влияния ледникового покрова и, соответственно, действия процессов криогенеза и литогенеза. Если ориентироваться на возраст всех рассматриваемых на территории центра Восточно-Европейской равнины ПКС, то времени с момента их формирования, а затем погребения и нивелирования отводилось все меньше в направлении с юга на север. Также и сельскохозяйственное освоение территорий внесло свой вклад в нивелирование палеокриогенного микрорельефа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в широком географическом аспекте получены результаты, демонстрирующие разную степень действия процессов позднеплейстоценового криогенеза, литогенеза (седиментогенеза) и педогенеза в центре Восточно-Европейской равнины. Для обширной территории идентифицированы и систематизированы: палеокриогенные явления, специфика литогенеза и педогенеза, выраженность палеокриогенного микрорельефа.

В центре Восточно-Европейской равнины в перигляциальной зоне эпохи валдайского оледенения в пределах 1500 км показана зональность в проявлении палеокриогенного микрорельефа в зависимости от территории, она связана с разной напряженностью криогенных процессов в прошлом. Рассмотренная в работе территория дерново-подзолистых почв, расположенная в приледниковой перигляциальной зоне эпохи валдайского оледенения, позже, чем другие территории, высвободилась от влияния процессов криогенеза. Это определило формирование более выраженного микрорельефа, не способствовало его нивелированию, также свою роль в этом сыграл антропогенный фактор.

Результаты процессов поздневалдайского криогенеза отчетливо выражены в различных по составу отложениях, выявлены в разных почвенных зонах центра Восточно-Европейской равнины, обладают разными морфогенетическими особенностями, залегают на разной глубине, погребены разным по мощности осадком. Расположение территории, а также состав, свойства и увлажненность отложений в значительной мере определяли интенсивность процессов криогенеза. Средневалдайские и поздневалдайские отложения на изученных территориях имеют разный генезис, время и мощность, т. е. закономерность или зональность в центре Восточно-Европейской равнины.

Анализ полученных результатов для исследуемой территории центра Восточно-Европейской равнины, входившей в перигляциальную об-

ласть эпохи валдайского оледенения, показал следующее. Процессы педогенеза, литогенеза и криогенеза сменяли друг друга или происходили одновременно. Как выяснилось, в периферийной части черноземной зоны процессы педогенеза, литогенеза и криогенеза происходили несколько раньше, чем в гумидных регионах, последние же были незначительными и кратковременными. На данной территории долгое время существовала стабильная и благоприятная для педогенеза обстановка в средневалдайское время и на современном этапе, о чем свидетельствуют хорошо развитые профили современных почв и разновременных палеопочв.

Центральная часть перигляциальной области в зоне распространения серых почв и черноземов лесостепи также прошла все стадии природного процесса криолитопедогенеза. В этой зоне представлены развитые профили средневалдайских ПП, сформированы наиболее крупные и развитые для всей перигляциальной области ПКС. Почвенно-грунтовые толщи, вмещающие палеокриогенные и погребавшие их структуры, значительно мощнее, чем в других изученных территориях. То есть данная территория, по сравнению с другими, оказалась во власти максимально интенсивных процессов литогенеза (седиментогенеза), сопровождавшихся наиболее экстремальными условиями процессов криогенеза.

Несмотря на то что северная приледниковая часть перигляциальной области испытывала максимальное и продолжительное воздействие ледника, находясь вблизи границы его распространения, процессы крио-, лито- и педогенеза в зоне дерново-подзолистых почв исследуемой территории в разные эпохи были кратковременными, что, вероятно, связано с динамикой существования и деградации ледникового покрова, проявившейся в дефиците переносимого минерального материала, а также с ослаблением и кратковременностью криогенных процессов. Отсутствие в почвенных толщах горизонтов средневалдайских ПП может быть связано с недостаточностью времени для их формирования в прошлом в результате длительного нахождения данной территории в перигляциальной области, что проявлялось в минимизации процессов педогенеза, а впоследствии – с их деградацией процессами лито- и криогенеза или диагенезом в поздневалдайское время. Морфогенетические особенности дерново-подзолистых почв (меньшая мощность профиля в целом и гумусового, в частности, и др.), по сравнению с серыми почвами и тем более с черноземами, несомненно, связаны с их географическим расположением и природно-климатическими условиями, в которых они формируются. На наш взгляд, процессы педогенеза на данной территории стартовали несколько позднее, чем в центральных и, тем более, южных районах исследуемой территории.

За рассмотренный интервал времени – от средневалдайского этапа до современности – валдай-

ский ледник обеспечивал поэтапную смену и интенсивность процессов в перигляциальной области по направлению с юга на север, от периферийной части к приледниковой. То есть во время формирования, расцвета и деградации ледникового щита происходила разновременная, зональная и с разной интенсивностью проявления смена процессов педогенеза, литогенеза (седиментогенеза) и криогенеза и вновь литогенеза и педогенеза на разных территориях центра Восточно-Европейской равнины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алифанов В.М. (1995) Палеокриогенез и современное почвообразование. Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 318 с.
- Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Антошечкина Н.А., Черепьянова Е.А. (2001) Палеокриогенные особенности морфогенеза черноземов Каменной степи. *Почвоведение*, **8**, 909-917.
- Алифанов В.М., Гугалинская Л.А. Овчинников А.Ю. (2010) Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 160 с. + вкл.
- Апарин Б.Ф., Платонова Н.И., Сухачева Е.Ю., Дудин А.Е. (2016) Погребенные почвы верхнепалеолитической многослойной стоянки Костенки-1. *Почвоведение*, **12**, 1415-1432.
- Баулин В.В., Данилова Н.С., Суходольская Л.А. (1981) История развития многолетнемерзлых пород Евразии (на примере отдельных регионов). М.: Наука, 24-40.
- Бердников В.В. (1976) Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 126 с.
- Величко А.А. (1973) Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 256 с.
- Величко А.А., Морозова Т.Д. (1972) Брянская ископаемая почва, ее стратиграфическое значение и природные условия формирования. *Лессы, погребенные почвы и криогенные явления на Русской равнине*. М.: Наука, 71-114.
- Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. (1996) Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 150 с.
- Величко А.А., Фаустова М.А., Писарева В.В., Карпухина Н.В. (2017) История скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена. *Лед и снег*, **57(3)**, 391-416.
- Геологические карты областей Центрального федерального округа РФ. (1998) Масштаб 1:500 000.
- Герасимов И.П., Марков К.К. (1939) Ледниковый период на территории СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 462 с.
- Глушанкова Н.И. (2008) Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. М.; Смоленск: Маджента, 348 с.
- Гугалинская Л.А., Алифанов В.М., Овчинников А.Ю. (2015) Педостратиграфия поздневалдайских покровных лессовидных суглинков в качестве почвообразующих пород голоценовых почв в центре Восточно-Европейской равнины. *Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода*, **74**, 105-109.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С., Алябина И.О. (2007) Почвенно-географическое районирование.

- Масштаб 1:15 000 000. Национальный атлас России, 2, "Природа. Экология". М.: Роскартография, 304-307.
- Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). (1999) (Под ред. проф. А.А. Величко). М.: ГЕОС, 260 с.
- Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. (2014) Масштаб 1:2 500 000.
- Классификация и диагностика почв СССР. (1977) М.: Колос, 224 с.
- Макеев А.О. (2012) Поверхностные палеопочвы лессовых водоразделов Русской равнины. М.: Молнет, 260 с. + цв. вклейки 40 с.
- Макеев О.В. (2019) Криология почв. М.: РАН, 464 с.: ил.
- Макеев А.О., Макеев О.В. (1989) Почвы с текстурно-дифференцированным профилем основных криогенных ареалов севера Русской равнины. Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 271 с.
- Маккаеве А.Н., Фаустова М.А., Карпухина Н.В. (2020) Максимальная граница скандинавского ледникового покрова в валдайскую (вислинскую) эпоху и особенности рельефа его периферической зоны. *Геоморфология*, **3**, 3-19.
- Марков К.К. (1986) Избранные труды. Палеогеография и новейшие отложения. М.: Наука, 280 с.
- Мокиевский Н.В., Макеев А.О., Русаков А.В., Лебедева М.П., Куст П.Г. (2023) Финальный этап лессонакопления и его роль в текстурной дифференциации дерново-подзолистых почв Петровской гряды. *Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири*. Мат-лы Всерос. науч. конф. Ростов Великий; М.: ИГ РАН, 74-82.
- Морозова Т.Д. (1981) Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука, 282 с.
- Овчинников А.Ю., Алифанов В.М., Гугалинская Л.А. (2021) Палеокриогенез в почвах перигляциальной зоны Валдайского оледенения. *Вестн. МГУ. Сер. Геогр.*, **2**, 44-53.
- Овчинников А.Ю., Алифанов В.М., Гугалинская Л.А. (2020а) Палеокриогенез и морфогенез черноземов центральной России. *Эволюция, функционирование и экологическая роль почв как компонента биосферы*. (Под ред. А.О. Алексеева, В.Н. Кудярова). Пушкино: Тов-во науч. изд-й КМК, 26-34.
- Овчинников А.Ю., Алифанов В.М., Худяков О.И. (2020б) Влияние палеокриогенеза на формирование серых лесных почв центральной России. *Почвоведение*, **10**, 1170-1181.
- Овчинников А.Ю., Худяков О.И., Хохлова О.С., Макшанов А.М. (2023) Палеокриолитопедогенез и эволюция дерново-подзолистых почв таежной зоны севера Восточно-Европейской равнины. *Почвоведение*, **12**, 1596-1611.
- Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет. (1982) (Под ред. И.П. Герасимова, А.А. Величко). М.: Наука, 156 с.
- Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен. (2009) Атлас-монография (Под ред. А.А. Величко). М., 120 с.
- Позднепалеолитическое поселение Сунгирь (погребения и окружающая среда). (1998) М.: Науч. мир, 272 с.
- Последний европейский ледниковый покров. (1965) (Под ред. И.П. Герасимова). М.: Наука, 220 с.
- Последний ледниковый покров на Северо-Западе Европейской части СССР. К VIII конгрессу INQUA (Париж, 1969). (1969) М.: Наука, 322 с.
- Разрезы отложений ледниковых районов центра Русской равнины. (1977) М.: Изд-во МГУ, 198 с.
- Рогов В.В., Стрелецкая И.Д., Таратунина Н.А., Курчатова А.Н., Курбанов Р.Н., Янина Т.А. (2020) Позднеплейстоценовый криогенез в Нижнем Поволжье. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр.*, **6**, 73-85.
- Романовский Н.Н. (1977) Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Изд-во Наука, 216 с.
- Рябуха А.Г. (2018) Роль позднеплейстоценовых перигляциальных условий в развитии ландшафтов прикаспийской низменности. *Бюлл. Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал)*, **3**, 1-26.
- Рябуха А.Г., Поляков Д.Г. (2024) Посткриогенные образования в Южном Предуралье. *Стени Северной Евразии*. Мат-лы X Междунар. симпоз. Оренбург: ИС УрО РАН, 1125-1133.
- Свиточ А.А. (1987) Палеогеография плейстоцена. М.: Изд-во МГУ, 188 с.
- Страхов Н.М. (1962) Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 212 с.
- Сычева С.А. (2012) Палеомерзлотные события в перигляциальной области среднерусской возвышенности в конце среднего и позднем плейстоцене. *Криосфера Земли*, **XVI**(4), 45-56.
- Сычева С.А., Пушкина П.Р., Хохлова О.С., Украинский П.А. (2020) Трансформация брянской палеопочвы в западинах центральной лесостепи Восточно-Европейской равнины в максимум валдайского оледенения и в голоцене. *Почвоведение*, **11**, 1297-1315.
- Сычева С.А., Седов С.Н., Хохлова О.С. (2015) Брянская палеопочва на среднерусской возвышенности: С-возраст, длительность и история развития. *Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода*, **74**, 53-68.
- Таратунина Н.А., Рогов В.В., Лебедева М.П., Стрелецкая И.Д., Янина Т.А., Лукьянычева М.С., Хормали Ф., Курбанов Р.Н. (2024) Стратиграфия, хронология и палеогеография криогенных явлений Прикаспийской низменности в позднем плейстоцене. *Геоморфология и палеогеография*, **55**(3), 5-31.
- Чичагова О.А. (1985) Радиоуглеродное датирование гумуса почв: метод и его применение в почвоведении и палеогеографии. М.: Наука, 157 с., ил.; 21 см.
- Чичагова О.А., Черкинский А.Е. (1988) Радиоуглеродные исследования в географии. М.: ИГАН, 80 с.
- Янина Т.А., Свиточ А.А., Курбанов Р.Н., Мюррей А.С., Ткач Н.Т., Сычев Н.В. (2017) Опыт датирования плейстоценовых отложений Нижнего Поволжья методом оптически стимулированной люминесценции. *Вестн. МГУ. Сер. Геогр.*, **1**, 20-28.
- Astakhov V. (1997) Late glacial events in the central Russian Arctic. *Quat. Int.*, **41**, 17-25.
- Dylik J. (1966) Esquisse des problemes periglaciaires en Pologne. *Bull. Peryglacjalny*, **4**, 57-71.
- Grosswald M.G. (1998) Late-Weichselian ice sheets in Arctic and Pacific Siberia. *Quat. Int.*, **45-46**, 3-18
- Jakobsson M., Andreassen K., Bjarnadóttir L.R., Dove D., Dowdeswell J.A., England J.H., Funder S., Hogan K., Ingólfsson Ó., Jennings A., Larsen N.K., Kirchner N., Landvik J.Y., Mayer L., Mikkelsen N., Möller P., Nies-

- sen F., Nilsson J., O'Regan M., Polyak L., Stein R. (2014) Arctic Ocean glacial history. *Quat. Sci. Rev.*, **92**, 40-67.
- Johnson W.H. (1990) Ice-wedge coasts and relict patterned ground in Central Illinois and their environmental significance. *Quat. Res.*, **33**(1), 51-72.
- Jongmans A.G., Feijtel T.C., Bouma J. (1989) A micromorphological and chemical study of a buried Saalian till deposit in the Northern part of the Netherlands. *Catena*, **16**(6), 559-574.
- Kleber A., Terhorst B. (2013) Mid-Latitude Slope Deposits (Cover Beds). Elsevier, Amsterdam/Boston/Heidelberg/London/New York/Oxford.
- Kurbanov R.N., Buylaert J.-P., Stevens T., Taratunina N.A., Belyaev V.R., Makeev A.O., Lebedeva M.P., Rusakov A.V., Solodovnikov D., Koltringer C., Rogov V.V., Streletskaia I.D., Murray A.S., Yanina T.A. (2022) A detailed luminescence chronology of the Lower Volga loess-palaeosol sequence at Leninsk. *Quaternary, Geochronology*, **73**, 101376.
- Landvik J.Y., Bondevik S., Elverhøi A., Fjeldskaar W., Mangerud J., Salvigsen O., Siegert M.J., Svendsen J.I., Vorren T.O. (1998) The last glacial maximum of Svalbard and the Barents sea area: Ice sheet extent and configuration. *Quat. Sci. Rev.*, **17**(1-3), 43-75.
- Lüthgens C., Böse M., Lauer T., Krbetschek M., Strahl J., Wenske D. (2011) Timing of the last interglacial in Northern Europe derived from Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of a terrestrial Saalian–Eemian–Weichselian sedimentary sequence in NE-Germany. *Quat. Int.*, **241**(1-2), 79-96.
- Makeev A.O. (2009) Pedogenic alteration of aeolian sediments in the upper loess mantles of the Russian Plain. *Quat. Int.*, **209**, 79-94.
- Makeev A.O., Kulinskaya E., Yakusheva T. (2015) Surface paleosols of the loess island within Moscow glacial limits: Vladimir Opolie. *Quat. Int.*, **365**, 159-174.
- Paleogeography of Europe over the last hundred thousand years. (1982) (Ed. I.P. Gerasimov and A.A. Velichko). Moscow, Nauka Publ., 156 p.
- Rusakov A.V., Korkka M.A., Kerzum P.P., Simakova A.N. (2007) Paleosols in the moraine-mantle loam sequence of northeastern Europe: The memory of pedogenesis rates and evolution of the environment during OIS3. *Catena*, **71**(3), 456-466.
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golyeva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. (2019) Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. *Quat. Int.*, **502**(B), 197-217.
- Sedov S., Rusakov A., Sheinkman V., Korkka M. (2016) MIS3 paleosols in the center-north of Eastern Europe and Western Siberia: Reductomorphic pedogenesis conditioned by permafrost? *Catena*, **146**, 38-47.
- Sycheva S.A., Khokhlova O.S. (2016) Genesis, 14C age, and duration of development of the Bryansk paleosol on the Central Russian Upland based on dating of different materials. *Quat. Int.*, **399**, 111-121.
- Sycheva S., Khokhlova O., Pushkina P., Ukrainsky P. (2019) Interrelations of the Bryansk paleosol (end of MIS 3) with the Holocene surface soils in micro-depressions of the central forest-steppe within the Russian Upland. *Catena*, **172**, 619-633.
- Stein R., Seung-II. N., Shubert C. (1994) The last declination event in the Eastern Central Arctic Ocean. *Science*, **264**, 692-696.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. (2004) Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quat. Sci. Rev.*, **23**, 1229-1271.
- Walters I. (1978) Polygonal patterned ground in Central New Jersey. *Quat. Res.*, **10**(1), 42-54.

REFERENCES

- Alifanov V.M. (1995) Paleocryogenesis and modern soil formation. Pushchino, ONTI PNTs RAN Publ., 318 p. (In Russ.)
- Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Yu. (2010) Paleocryogenic features of the morphogenesis of the chernozems of the Stone Steppe. Moscow, GEOS Publ., 160 p. (In Russ.)
- Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Antoshechkina N.A., Cherep'yanova E.A. (2001) Paleocryogenesis and the diversity of soils in the center of the East European Plain. *Pochvovedenie*, **8**, 909-917. (In Russ.)
- Aparin B.F., Platonova N.I., Sukhacheva E.Yu., Dudin A.E. (2016) Buried Soils of the Upper Paleolithic Multilayered Site of Kostenki-1. *Pochvovedenie*, **12**, 1415-1432. (In Russ.)
- Astakhov V. (1997) Late glacial events in the central Russian Arctic. *Quat. Int.*, **41**, 17-25.
- Baulin V.V., Danilova N.S., Sukhodol'skaya L.A. (1981) History of development of permafrost rocks of Eurasia (on the example of certain regions). Moscow, Nauka Publ., 24-40. (In Russ.)
- Berdnikov V.V. (1976) Paleocryogenic microrelief of the center of the Russian Plain. Moscow, Nauka Publ., 126 p. (In Russ.)
- Changes in climate and landscapes over the past 65 million years (Cenozoic: from Paleocene to Holocene). (1999) (Ed. Prof. A.A. Velichko). Moscow, GEOS Publ., 260 p. (In Russ.)
- Chichagova O.A. (1985) Radiocarbon Dating of Soil Humus: Method and Its Application in Soil Science and Paleogeography. Moscow, Nauka Publ., 157 p., ill.; 21 cm. (In Russ.)
- Chichagova O.A., Cherkinskii A.E. (1988) Radiocarbon Research in Geography. Moscow, IGAN Publ., 80 p. (In Russ.)
- Classification and diagnostics of soils in the USSR. (1977) Moscow, Kolos, 224 p. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. (1977) Moscow, Kolos Publ., 224 p. (In Russ.)
- Dobrovolskii G.V., Urusevskaya I.S., Alyabina I.O. (2007) Soil and Geographical Zoning. National Atlas of Russia, 2, "Nature. Ecology". Moscow, Roskartografiya Publ., 304-307. (In Russ.)
- Dylik J. (1966) Esquisse des problemes periglaciaires en Pologne. *Bull. Peryglacjalny*, **4**, 57-71.
- Geological maps of the regions of the Central Federal District of the Russian Federation. (1998) Scale 1:500,000. (In Russ.)
- Gerasimov I.P., Markov K.K. (1939) The Ice Age in the USSR. Moscow; Leningrad, Izd-vo AN SSSR Publ., 462 p. (In Russ.)
- Glushankova N.I. (2008) Paleopedogenesis and the Natural Environment of Eastern Europe in the Pleistocene. Moscow; Smolensk, Magenta Publ., 348 p. (In Russ.)

- Grosswald M.G. (1998) Late-Weichselian ice sheets in Arctic and Pacific Siberia. *Quat. Int.*, **45–46**, 3-18
- Gugalinskaya L.A., Alifanov V.M., Ovchinnikov A.Yu. (2015) Pedostratigraphy of Late Vadai Covering Loess-like Loams as Soil-Forming Rocks of Holocene Soils in the Center of the East European Plain. *Byulleten' Komisii po Izucheniyu Chetvertichnogo Perioda*, **74**, 105-109. (In Russ.)
- Jakobsson M., Andreassen K., Bjarnadóttir L.R., Dove D., Dowdeswell J.A., England J.H., Funder S., Hogan K., Ingólfsson Ó., Jennings A., Larsen N.K., Kirchner N., Landvik J.Y., Mayer L., Mikkelsen N., Möller P., Nielsen F., Nilsson J., O'Regan M., Polyak L., Stein R. (2014) Arctic Ocean glacial history. *Quat. Sci. Rev.*, **92**, 40-67.
- Johnson W.H. (1990) Ice-wedge coasts and relict patterned ground in Central Illinois and their environmental significance. *Quat. Res.*, **33**(1), 51-72.
- Jongmans A.G., Feijtel T.C., Bouma J. (1989) A micromorphological and chemical study of a buried Saalian till deposit in the Northern part of the Netherlands. *Catena*, **16**(6), 559-574.
- Kleber A., Terhorst B. (2013) Mid-Latitude Slope Deposits (Cover Beds). Elsevier, Amsterdam/Boston/Heidelberg/London/New York/Oxford.
- Kurbanov R.N., Buylaert J.-P., Stevens T., Taratunina N.A., Belyaev V.R., Makeev A.O., Lebedeva M.P., Rusakov A.V., Solodovnikov D., Koltringer C., Rogov V.V., Streletskaya I.D., Murray A.S., Yanina T.A. (2022) A detailed luminescence chronology of the Lower Volga loess-palaeosol sequence at Leninsk. *Quat. Geochronol.*, **73**, 101376.
- Landvik J.Y., Bondevik S., Elverhøi A., Fjeldskaar W., Mangerud J., Salvigsen O., Siegert M.J., Svendsen J.I., Voren T.O. (1998) The last glacial maximum of Svalbard and the Barents sea area: Ice sheet extent and configuration. *Quat. Sci. Rev.*, **17**(1–3), 43-75.
- Lüthgens C., Böse M., Lauer T., Krbetschek M., Strahl J., Wenske D. (2011) Timing of the last interglacial in Northern Europe derived from Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of a terrestrial Saalian–Eemian–Weichselian sedimentary sequence in NE-Germany. *Quat. Int.*, **241**(1–2), 79-96.
- Makeev A.O. (2009) Pedogenic alteration of aeolian sediments in the upper loess mantles of the Russian Plain. *Quat. Int.*, **209**, 79-94.
- Makeev O.V. (2019) Soil Cryology. Moscow, RAN Publ., 464 p.: ill. (In Russ.)
- Makeev A.O. (2012) Surface Paleosols of Loess Watersheds of the Russian Plain. Moscow, Molnet Publ., 260 p. + color plates 40 p. (In Russ.)
- Makeev A.O., Kulinskaya E., Yakusheva T. (2015) Surface paleosols of the loess island within Moscow glacial limits: Vladimir Opolie. *Quat. Int.*, **365**, 159-174.
- Makeev A.O., Makeev O.V. (1989) Soils with a Texturally-Differentiated Profile of the Main Cryogenic Areas of the North of the Russian Plain. Pushchino, ONTI NTsBI AN SSSR Publ., 271 p. (In Russ.)
- Makkaveev A.N., Faustova M.A., Karpukhina N.V. (2020) The maximum boundary of the Scandinavian ice sheet during the Valdai (Wisla) epoch and the features of the relief in its peripheral zone. *Geomorfologiya*, **3**, 3-19. (In Russ.)
- Map of Quaternary formations in the territory of the Russian Federation. (2014) Scale 1:2,500,000. (In Russ.)
- Markov K.K. (1986) Selected works. Paleogeography and recent sediments. Moscow, Nauka, 280 p. (In Russ.)
- Mokievskii N.V., Makeev A.O., Rusakov A.V., Lebedeva M.P., Kust P.G. (2023) The final stage of loess accumulation and its role in the textural differentiation of sod-podzolic soils of the Petrovskaya Ridge. *Periglacial of the East European Plain and Western Siberia*. Materials of the All-Russian Scientific Conference. Rostov Veliky; Moscow, IG RAN Publ., 74-82. (In Russ.)
- Morozova T.D. (1981) The Development of Europe's Soil Cover in the Late Pleistocene. Moscow, Nauka Publ., 282 p. (In Russ.)
- Ovchinnikov A.Yu., Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A. (2020a) Paleocryogenesis and Morphogenesis of Chernozems in Central Russia. Evolution, functioning, and ecological role of soils as a component of the biosphere. (Ed. A.O. Alekseev and V.N. Kudryarov). Pushchino, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 26-34. (In Russ.)
- Ovchinnikov A.Yu., Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A. (2021) Paleocryogenesis in the Soils of the Periglacial Zone of the Valdai Glaciation. *Vestn. MGU. Ser. Geogr.*, **2**, 44-53. (In Russ.)
- Ovchinnikov A.Yu., Alifanov V.M., Khudyakov O.I. (2020b) The Influence of Paleocryogenesis on the Formation of Gray Forest Soils in Central Russia. *Pochvovedenie*, **10**, 1170-1181. (In Russ.)
- Ovchinnikov A.Yu., Khudyakov O.I., Khokhlova O.S., Makshanov A.M. (2023) Paleocryolithopedogenesis and Evolution of Sod-Podzolic Soils in the Taiga Zone of the North of the East European Plain. *Pochvovedenie*, **12**, 1596-1611. (In Russ.)
- Rogov V.V., Streletskaya I.D., Taratunina N.A., Kurchatova A.N., Kurbanov R.N., Yanina T.A. (2020) Late Pleistocene cryogenesis in the Lower Volga region. *Vestn. Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geogr.*, **6**, 73-85. (In Russ.)
- Romanovskii N.N. (1977) Formation of Polygonal-Vein Structures. Novosibirsk, Nauka Publ., 216 p.
- Ryabukha A.G. (2018) The Role of Late Pleistocene Periglacial Conditions in the Development of Landscapes in the Caspian Lowland. *Byulleten' Orenburgskogo Nauchnogo Tsentra UrO RAN (elektronnyi zhurnal)*, **3**, 1-26. (In Russ.)
- Ryabuha A.G., Polyakov D.G. (2024) Post-cryogenic formations in the Southern Urals. Steppes of Northern Eurasia. Materials of the X International the symposium. Orenburg, IS UrO RAN Publ., 1125-1133. (In Russ.)
- Rusakov A.V., Korkka M.A., Kerzum P.P., Simakova A.N. (2007) Paleosols in the moraine-mantle loam sequence of northeastern Europe: The memory of pedogenesis rates and evolution of the environment during OIS3. *Catena*, **71**(3), 456-466.
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust R., Lebedeva M., Chernov T., Golyeva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. (2019) Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. *Quat. Int.*, **502**(B), 197-217.
- Sections of sediments of glacial regions of the center of the Russian Plain. (1977) Moscow, Izd-vo MGU, 198 p. (In Russ.)
- Sedov S., Rusakov A., Sheinkman V., Korkka M. (2016) MIS3 paleosols in the center-north of Eastern Europe

- and Western Siberia: Reductomorphic pedogenesis conditioned by permafrost? *Catena*, **146**, 38-47.
- Stein R., Seung-II. N., Shubert C. (1994) The last declination event in the Eastern Central Arctic Ocean. *Science*, **264**, 692-696.
- Strakhov N.M. (1962) Fundamentals of the Theory of Lithogenesis. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 212 p. (In Russ.)
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. (2004) Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quat. Sci. Rev.*, **23**, 1229-1271.
- Svitoch A.A. (1987) Paleogeography of the Pleistocene. Moscow, Izd-vo MGU, 188 p. (In Russ.)
- Sycheva S.A. (2012) Paleomagnetic Events in the Periglacial Region of the Central Russian Upland at the End of the Middle and Late Pleistocene. *Kriosfera Zemli*, **XVI**(4), 45-56. (In Russ.)
- Sycheva S.A., Khokhlova O.S. (2016) Genesis, 14C age, and duration of development of the Bryansk paleosol on the Central Russian Upland based on dating of different materials. *Quat. Int.*, **399**, 111-121.
- Sycheva S., Khokhlova O., Pushkina P., Ukrainskii P. (2019) Interrelations of the Bryansk paleosol (end of MIS 3) with the Holocene surface soils in micro-depressions of the central forest-steppe within the Russian Upland. *Catena*, **172**, 619-633.
- Sycheva S.A., Pushkina P.R., Khokhlova O.S., Ukrainskii P.A. (2020) Transformation of the Bryansk paleosol in the depressions of the central forest-steppe of the East European Plain during the maximum of the Valdai glaciation and in the Holocene. *Pochvovedenie*, **11**, 1297-1315. (In Russ.)
- Sycheva S.A., Sedov S.N., Khokhlova O.S. (2015) Bryansk Paleosol on the Central Russian Upland: C-Age, Duration, and Development History. *Byulleten' Komissii po Izucheniyu Chetvertichnogo Perioda*, **74**, 53-68. (In Russ.)
- Taratunina N.A., Rogov V.V., Lebedeva M.P., Streletskaya I.D., Yanina T.A., Luk'yanycheva M.S., Khormali F., Kurbanov R.N. (2024) Stratigraphy, Chronology, and Paleogeography of Cryogenic Phenomena in the Caspian Lowland during the Late Pleistocene. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*, **55**(3), 5-31. (In Russ.)
- The last European ice sheet. (1965) (Ed. I.P. Gerasimov). Moscow, Nauka Publ., 220 p. (In Russ.)
- The Last Ice Cover in the North-West of the European Part of the USSR. For the VIII Congress of INQUA (Paris, 1969). (1969) Moscow, Nauka Publ., 322 p. (In Russ.)
- The Late Paleolithic settlement of Sungir (burials and the environment). (1998) Moscow, Nauchnyi Mir Publ., 272 p. (In Russ.)
- Velichko A.A. (1973) Natural process in the Pleistocene. Moscow, Nauka Publ., 256 p. (In Russ.)
- Velichko A.A., Faustova M.A., Pisareva V.V., Karpukhina N.V. (2017) History of the Scandinavian Ice Sheet and Surrounding Landscapes during the Valdai Glacial Period and the Early Holocene. *Led i Sneg*, **57**(3), 391-416. (In Russ.)
- Velichko A.A., Morozova T.D. (1972) Bryansk fossil soil, its stratigraphic significance and natural conditions of formation. Loess, buried soils and cryogenic phenomena on the Russian Plain. Moscow, Nauka Publ., 71-114. (In Russ.)
- Velichko A.A., Morozova T.D., Nechaev V.P., Porozhnyakova O.M. (1996) Paleocryogenesis, Soil Cover, and Agriculture. Moscow, Nauka Publ., 150 p. (In Russ.)
- Walters I. (1978) Polygonal pattered ground in Central New Jersey. *Quat. Res.*, **10**(1), 42-54.
- Yanina T.A., Svitoch A.A., Kurbanov R.N., Myurrei A.S., Tkach N.T., Sychev N.V. (2017) Experience in dating Pleistocene deposits of the Lower Volga region by the method of optically stimulated luminescence. *Vestn. MGU. Ser. Geogr.*, **1**, 20-28. (In Russ.)