

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48:631.412:902/904:504.38

ВЛИЯНИЕ ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

© 2020 г. А. Ю. Овчинников^а, *, В. М. Алифанов^а, О. И. Худяков^а

^аИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Пушкино, Московская область, 142290 Россия

*e-mail: ovchinnikov_a@inbox.ru

Поступила в редакцию 25.03.2020 г.

После доработки 13.04.2020 г.

Принята к публикации 27.04.2020 г.

Палеогеографическое развитие природного процесса в позднем плейстоцене на Восточно-Европейской равнине заключалось в его ритмичности и направленности и многократном чередовании холодных и теплых климатических эпох. Возникающие на Восточно-Европейской равнине материковые оледенения, в частности поздневалдайское, отражались в изменениях рельефообразования. Выявлены региональные палеоэкологические условия формирования современного почвенного покрова в ареалах серых лесных почв центральной России. Влияние палеокриогенеза на особенности формирования голоценовых почв рассматривали на примере Владимирской и Московской областей. Во Владимирской области почвы изучали в Суздальском районе на территории археологического памятника “Кибол-5” эпохи раннего средневековья, в Московской области – на ключевом участке “Пушино”. Выявлена дифференциация почв, обусловленная особенностями почвообразующих пород, сформированными под воздействием поздневалдайского палеокриогенеза – микрорельефа на дневной поверхности. Показано, что микрорельеф определен погребенной палеокриогенной полигональной сетью в виде блоков-повышений и разделяющих их межблочных понижений. Подтвержден палеокриогенный генезис микрорельефа за счет палеомерзлотных деформаций (крупных клиновидных грунтовых структур). Крупные криогенные клиновидные грунтовые структуры на исследованной территории формировались около 22–14 тыс. л. н., что подтверждено радиоуглеродными данными. Установлена зависимость формирования голоценовых суглинистых почв центральной России от особенностей почвообразующих пород, которая проявляется на уровне почвенного профиля, почвенного горизонта, почвенных свойств. Высказывается предположение, что именно наличие признаков позднеплейстоценового палеокриогенеза обеспечивает формирование голоценового почвенного профиля, усиливая в нем действие антропогенного фактора. Показано, что поздневалдайский палеокриогенез, как экологический фактор, дифференцирует почвы на уровне типа, формируя комплексную структуру почвенного покрова.

Ключевые слова: палеопочвоведение, антропогенез, поздний плейстоцен, Greyic Phaeozems Albic

DOI: 10.31857/S0032180X20100147

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в науке большое внимание уделяется изучению особенностей почвообразования в прошлом. Внимание исследователей приковано к позднеплейстоценовому и голоценовому времени развития биосферы. Подобные знания необходимы для понимания процессов возникновения, функционирования современных экосистем и прогнозирования их дальнейшего развития.

Начиная с работ В.В. Докучаева, его коллег, учеников и последователей проблема возраста и эволюции современных почв и почвенного покрова центра Восточно-Европейской равнины занимает одно из ключевых мест в генетическом почвоведении [13, 17, 22, 36, 42, 43, 45]. В послед-

ние десятилетия проведен анализ палеогеографического развития природного процесса в позднем плейстоцене и голоцене на Восточно-Европейской равнине [6, 7, 10, 12, 32, 52–54]. На основе полученных материалов и в результате оживленных дискуссий разработаны стратиграфические схемы деления позднего плейстоцена. Оказалось, что основные закономерности палеогеографического развития природного процесса в позднем плейстоцене заключались в его ритмичности и направленности [10, 14, 44], многократном чередовании холодных и теплых климатических эпох и периодических материковых оледенений [31, 39, 46, 50, 51], приводящих к большей континентальности климата и значительным изменениям в рельефообразовании. Даже за короткое поздне-

валдайское время происходило чередование периодов с максимально холодными и относительно мягкими климатическими условиями [5, 49].

По нашему мнению, анализ палеогеографического развития природного процесса в позднем плейстоцене и голоцене становится более точным, если в качестве объекта исследований используются профили позднеплейстоценовых и голоценовых почв. Например, во многих современных почвах наблюдается сочетание различных взаимодействующих между собой компонентов и явлений, одни из которых возникли под влиянием современных условий среды, другие образовались в перигляциальной зоне древних оледенений. Выяснилось, что позднеплейстоценовые признаки, в частности признаки палеокриогенеза, отчетливо проявляются в современных ландшафтах и почвах центра Восточно-Европейской равнины [2, 4, 5, 9, 25, 27, 33, 34], фиксируя время своего образования. Особый интерес проявляется к изучению роли палеокриогенных процессов и явлений (существовавших в конце позднего плейстоцена — начале голоцена), которые обуславливают эволюцию и дифференциацию современных почв.

В настоящей работе на примере серых лесных почв центра Восточно-Европейской равнины, рассмотрены палеокриогенные явления, сформированные в конце позднего плейстоцена.

По Владимирской (ополье) и Московской областям существуют работы с большим разносторонним фактическим материалом, характеризующим состояние почв, их генезис, естественную и культурную растительность, археологию и этнографию и др. [16, 24, 26, 28, 29, 38, 42, 47]. Но все же почвы этих областей уже полтора века привлекают естествоиспытателей, вызывая бурные дискуссии и требуя пополнения знаний об этих регионах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования влияния палеокриогенеза на особенности формирования голоценовых почв проводили на серых лесных почвах во Владимирской и Московской областях. Во Владимирской области почвы изучали на ключевом участке “Кибол” в Суздальском районе. Участок обследования располагался на территории археологического памятника “Кибол-5” эпохи раннего средневековья (согласно полученным радиоуглеродным датам) [24]. Исследовали условия окружающей среды, в частности почв, территории памятника. В Московской области почвы изучали в разных точках ключевого участка “Пушино” в Серпуховском районе.

Территория ключевого участка “Кибол” находится на восточной окраине Суздальского плато у самой границы его перехода к очень слабо волни-



Рис. 1. Аэрофотоснимок ключевого участка “Кибол”. Суздальский район, Владимирская область.

стой, слаборасчлененной, почти плоской поверхности, переходящей к высокой пойме рек Нерль и Каменка. Археологический раскоп и все почвенные разрезы располагались на высоком левом берегу р. Каменки (рис. 1). Ключевой участок находился на неоднородной по почвенному покрову территории, сложенной покровными лёссовидными суглинками с развитыми на них серыми почвами со вторым гумусовым горизонтом [2]. Неоднородность и островное положение массива серых лесных почв и приуроченность к определенным формам рельефа и исключительно к лёссовидным суглинкам свидетельствуют о том, что их генезис связан не только с палеобиоклиматическими условиями, но и с особенностями развития рельефа и формирования почвообразующих пород [28].

Позднеплейстоценовый суглинистый покров Владимирского ополья характеризуется особенно ясными лёссовидными признаками и даже приобретает просадочные свойства, не свойственные покровным суглинкам этих широт. Эти суглинки плащеобразно залегают на всех элементах рельефа: водоразделах, склонах холмов, понижениях между холмами, в верховьях балок. Лёссовидные суглинки имеют тяжелый гранулометрический состав, хорошо сортированы, однородны по профилю и в пространстве, окрашены в палево-бурые тона, содержат известковые, часто пустотелые и окремневшие конкреции карбонатов. По мнению Лаврушина с соавт. [23], толща покровных позднеплейстоценовых почвообразующих пород ополья неоднородна в генетическом отношении. Нижние ее части несут ясные признаки делювиального и

солифлюкционного переотложения. По мнению большинства исследователей водораздельные приповерхностные покровные суглинки имеют эоловый генезис в результате ледниковых образований.

Современные почвы двух разрезов (на блочном повышении и в межблочном понижении) ключевого участка “Кибол” представлены серыми лесными почвами со вторым гумусовым горизонтом (Greyic Phaeozems Albic), а в археологическом шурфе (верхняя часть почвы на блочном повышении) — сильно антропогенно-преобразованными почвами [21, 48].

Ключевой участок “Пушино” хорошо описан в литературе [2]. Территория участка принадлежит северным отрогам Средне-Русской возвышенности. Абсолютные отметки составляют 200–235 м, характерна густая сеть глубоковрезанных оврагов, балок и рек (урез р. Оки находится на отметке 110 м). Все это благоприятствует расчленению территории на отдельные поверхности с различной степенью уклона: от слабонаклонных у водораздельных участков до крутых, непосредственно примыкающих к оврагам и долинам и рек. Междуречные поверхности характеризуются как холмисто-увалистые со сглаженными пологими склонами. Плоские поверхности сохраняются на участках водоразделов между крупными притоками р. Оки.

Территория расположена в южной части Московской синеклизы, коренные породы залегают очень глубоко, осадочные породы представлены отложениями девона, карбона, юры и мела. Наиболее часто в обнажениях встречаются известняки московского отдела карбона (C2). Выше залегают моренные и флювиогляциальные отложения. Днепро-провские моренные отложения представлены тяжелыми суглинками и глинами с отдельными линзами песка, песчано-гравийной смеси, супеси. Почвообразующими породами служат средние и тяжелые лёссовидные суглинки, и легкие глины мощностью 2–3 м. Среди фракций преобладает пылеватая, в редких случаях суглинки слегка опесчанены. Суглинки палевого цвета с пятнами и светло-охристыми разводами. Редко встречается сизый цвет оглеения с голубоватым и зеленоватым оттенками. Лёссовидные суглинки имеют очень плотное сложение. Суглинки тонко- и сильнопористые. В них встречаются различные по толщине и четкости выраженности субвертикальные трещины.

На ключевом участке вскрыты серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом (Greyic Phaeozems Albic) [21, 48].

В работе использовали следующие методы.

Почвенно-археологический метод предполагал заложение больших (нестандартных) почвенных разрезов на водораздельных поверхностях и на естественных террасовых обнажениях. Визуальная оценка и проведенная нивелирная

съемка выявили отчетливо проявляющуюся палеокриогенную морфоскульптуру в виде полигонально-блочного микрорельефа (блок и межблочье). Разрезы закладывали отдельно на каждом из элементов микрорельефа. В данном случае археологический шурф располагался на блочном повышении. Здесь рассматривалась антропогенная преобразованность почв за последнюю 1 тыс. лет. Нижняя часть на блочном повышении изучена в фоновом разрезе, заложенном на прилегающей надпойменной террасе, непосредственно под археологическим шурфом. Оба разреза (шурф и на надпойменной террасе) в дальнейшем были объединены в один на блочном повышении. Проведенная нивелирная съемка позволила выявить на дневной поверхности межблочное понижение, в нем также был заложен фоновый разрез.

Картографические исследования включали несколько подходов: а) дешифрирование аэрофотоснимка ключевого участка; б) проведение детальной нивелирной съемки. В совокупности два подхода позволили определить места точного заложения разрезов (на блоке и в межблочье), а также построить карту рельефа дневной поверхности на стратиграфической модели.

На основе морфологического и стратиграфического описания почвенных горизонтов построена детальная модель почвенной толщи.

Физическими методами определяли гранулометрический состав почв и почвообразующих пород [8, 20].

Химическими методами исследовали содержание $C_{орг}$, CO_2 карбонатов, pH водный, подвижные P_2O_5 и K_2O и обменные основания K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} [1, 3].

На основе морфологических, физических и химических свойств почв определяли принадлежность почв согласно разработанным классификациям [21, 48].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные литературы показывают, что на песчаных и суглинистых отложениях Владимирской области отчетливо проявляется палеокриогенная морфоскульптура. Для территории характерно наличие нескольких типов палеокриорельефа: полигонально-блочного, блочно-западинного, бугристо-западинного и западинного [10, 11, 30, 47]. Опираясь на литературные данные и аэрофотоматериалы (рис. 1), микрорельеф территории ключевого участка определен как полигонально-блочный. Он состоит из систем полигонов-блоков и разделяющих их межблочных понижений, которым в разрезах соответствуют палеомерзлотные деформации (клиновидные образования). Палеомерзлотные структуры (или деформации) на исследуемой территории получили широкое распро-

странение около 20–15 тыс. л. н., когда наступило время максимального в плейстоцене похолодания. В это время в перигляциальной зоне, в условиях дефицита влаги, отрицательных температур, отсутствия снежного покрова был дан “старт” формированию полигонально-трещинного рельефа за счет образующихся криогенных структур. С приближением голоцена и в самом его начале в результате смены климатических условий и деградации мерзлоты начали формироваться первые гумусированные горизонты. В это же время действие криогенеза продолжалось, но не так ярко, как в позднем плейстоцене. С наступлением голоцена климатические условия резко меняются в сторону увлажнения и интенсивного почвообразования, вследствие чего ярко выраженный позднеледниковый микрорельеф начинает приобретать более сглаженные формы. Сглаживание форм происходило в результате оплывания грунта с краев (бортов) клиновидных структур к ее центральной части, за счет перераспределения материала с повышенных форм микрорельефа в пониженные. Таким образом, в голоцене, в результате интенсивных почвообразовательных процессов микрорельеф существенно прорабатывался (погребался), становясь реликтовым.

Роль палеокриогенеза в современном функционировании дерново-подзолистых и серых лесных почв, а также почвенного покрова региона в целом подробно освещена [2, 11, 15].

Палеокриогенное происхождение микрорельефа и его влияние на свойства почв изучались в нескольких разрезах-траншеях: на блочном повышении и межблочном понижении. Почву на блоке изучали в двух разрезах: верхняя часть почвы в археологическом шурфе (разрез 10АГ-05, антропогенно-преобразованная), нижняя часть — в разрезе 12АГ-05 (фоновый разрез), заложенном на склоне террасы под археологическим раскопом (рис. 2). Для сравнения свойств почв был заложен фоновый разрез 11АГ-05 в межблочном понижении (рис. 3).

Почвы в разрезах на блоке были объединены в один. По результатам морфологического анализа почв трех разрезов, нивелирной съемки и аэрофотоснимка построена модель поверхностной и почвенной толщи ключевого участка “Кибол” (рис. 4). Модель показывает выраженность полигонального микрорельефа в ландшафте в виде блочных повышений и межблочных понижений, расположение и приуроченность почвенных разрезов к каждому из элементов микрорельефа, расположение археологического раскопа и шурфа. Модель отображает стратиграфические горизонты в полном соответствии с глубиной их залегания, наличие клиновидного образования в межблочном понижении, погребенных почв и распределение веществ по почвенному профилю.



Рис. 2. Профили серой лесной почвы, объединенные в один стратиграфический разрез (блочное повышение, разрез 10АГ-05 (А) и разрез 12АГ-05 (Б)). Ключевой участок “Кибол”.



Рис. 3. Профиль серой лесной почвы (межблочное понижение (разрез 11АГ-05)). Ключевой участок “Кибол”. Суздальский район, Владимирская область.

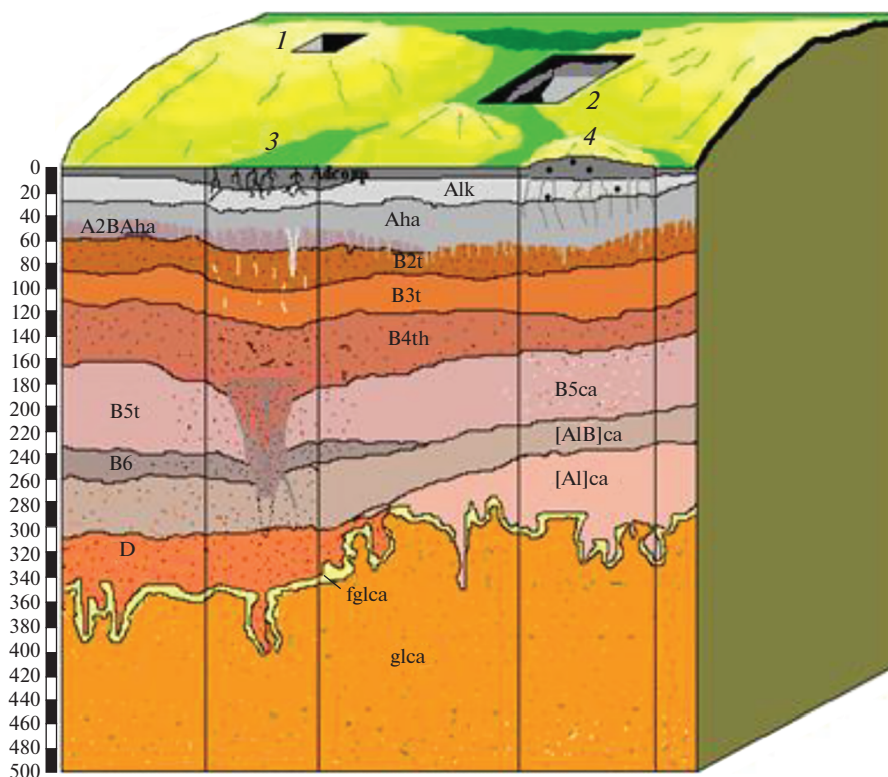


Рис. 4. Модель строения поверхностной толщи ключевого участка “Кибол”. 1 – археологический шурф (разрез 10АГ-05 на блочном повышении); 2 – археологический раскоп; 3 – профиль разреза 11АГ-05 в межблочном понижении; 4 – профиль разреза 12АГ-05 на блочном повышении.

Детальное морфолого-генетическое исследование с составлением почвенной модели позволило выявить основные морфологические различия между почвой на блочном повышении и межблочном понижении.

Отличительной чертой разреза на блочном повышении является обилие карбонатных новообразований в форме плотных стяжений с окремневшим внутренним ядром. Почва подстилается двумя погребенными почвами (“брянской” – гор. [Al]ca и “пушинской” – гор. [AlB]ca), которые, в свою очередь, подстилаются слоем флювиогляциальных песков и моренной.

В разрезе межблочного понижения материал по всему профилю (особенно в верхней его части) пронизан небольшими языками-трещинами, образованными вследствие сезонного промерзания грунта. Главной особенностью профиля межблочного понижения является наличие на глубине 176 см клиновидного образования (крупной клиновидной грунтовой структуры). Ширина ее составляет 43 см, на глубине 275 см – 12 см. Крупная клиновидная грунтовая структура имеет палеокриогенный генезис. Материал клина в отличие от вмещающей породы интенсивно разбит субвертикальными трещинами, формирующими

четко выраженную крупнопризматическую структуру. Клинотидная грунтовая структура в профиле располагается выше залегающей погребенной “пушинской” почвы, формирование которой происходило 20–15 тыс. л. н. [2]. Известно, что после погребения “брянской” и “пушинской” почв наступил этап максимума валдайского оледенения – ярославский криогенный этап. Следовательно, исследуемая клиновидная грунтовая структура моложе двух погребенных почв и могла быть сформирована только в результате криогенного растрескивания древней дневной поверхности. Со временем над криогенными трещинами сформировались пониженные формы микрорельефа, и на изучаемой территории возник реликтовый полигонально-блочный микрорельеф.

Следует отметить несколько морфологических отличий, которые связаны с действием палеокриогенеза. Одно из них – отсутствие горизонта В6 в почве блочного повышения, другое – отсутствие “брянской” погребенной почвы в межблочном понижении. Полагаем, что отсутствие упомянутых горизонтов это последствия длительного палеокриогенного преобразования почвы, например, в межблочном понижении, или завуалирование горизонтов в результате интенсивных

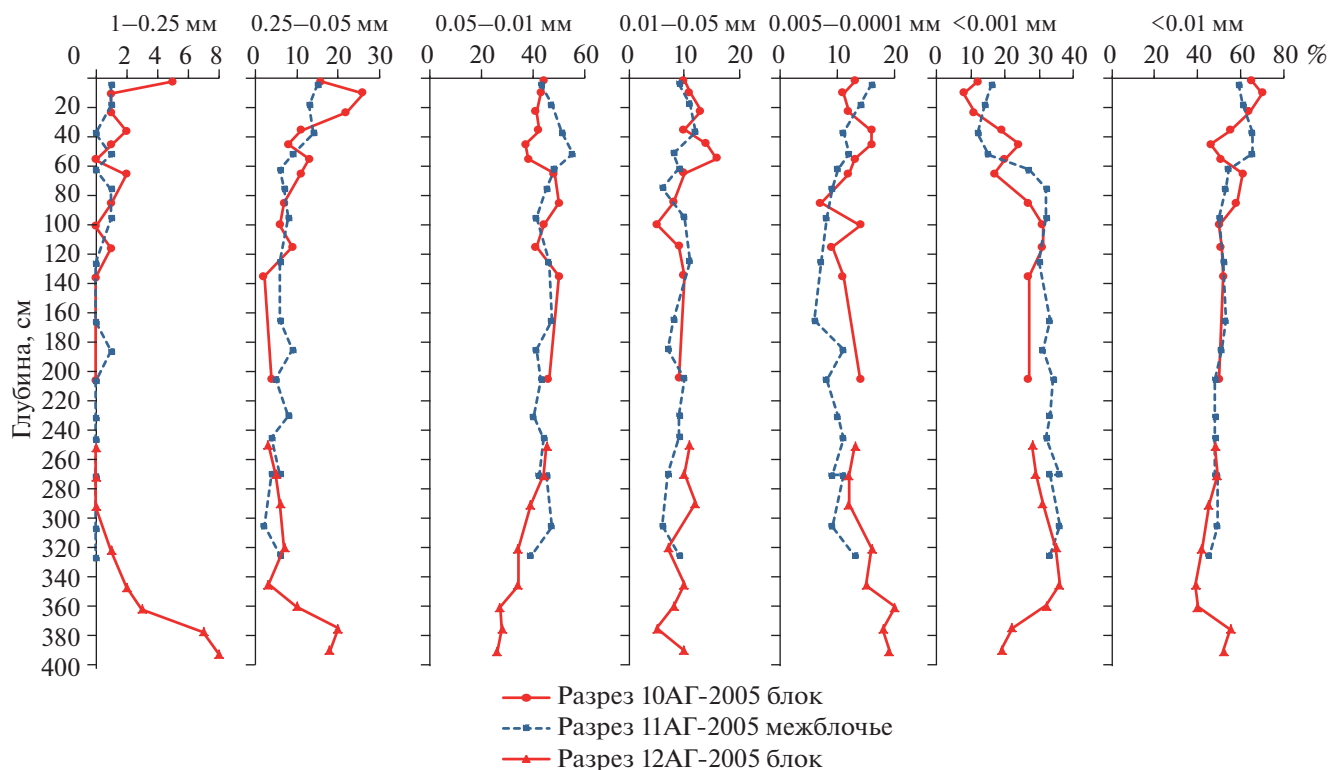


Рис. 5. Гранулометрический состав серых лесных почв. Ключевой участок "Кибол".

почвообразовательных процессов, например, на блочном повышении и, вероятно, смещения в сторону пониженных форм рельефа.

Изученные физические и химические характеристики ключевого участка выявили дифференциацию почв в связи с палеокриогенезом, а на археологическом памятнике эта разница обусловлена еще и действием антропогенного фактора в прошлые эпохи.

Почвы на разных элементах микрорельефа различаются по гранулометрическому составу. В целом почвы ключевого участка относятся к легким глинам, тяжелым и средним суглинкам (рис. 5) [8, 20], но существуют некоторые отличия. В почве блочного повышения верхняя часть до горизонта Aha — среднесуглинистая, до горизонта [A1B]ca — тяжелосуглинистая, погребенные почвы — глинистые. В почве межблочья только верхняя часть среднесуглинистая, начиная с горизонта Aha — тяжелосуглинистая до дна разреза. Преобладающими являются фракции ила и крупной пыли. Содержание фракции ила с глубиной существенно увеличивается. В почве межблочного понижения в отличие от блочного повышения фракция крупной пыли распределяется равномерно по всему профилю и ее содержание выше по сравнению с блочным повышением. Преобладание фракции крупной пыли и ее равномерное распределение по всему профилю межблочного понижения связы-

ваем с длительным криогенным преобразованием почвы межблочного понижения.

Химический анализ серых лесных почв на блочном повышении и в межблочном понижении представлен на рис. 6. Отметим нехарактерное для естественных почв очень высокое содержание $C_{орг}$ в культурном слое и горизонте Aha разреза 10АГ-05 и неравномерное уменьшение его содержания с глубиной, что связано с антропогенной деятельностью в средневековье.

Содержание CO_2 карбонатов, не характерное для почв изучаемого региона, отличается от такового в естественных почвах, особенно заметно выделяется культурный слой разреза 10АГ-05. Карбонаты присутствуют с поверхности, в культурном слое их содержание достигает 1.9%. Средняя часть профиля от карбонатов выщелочена. Этот факт мы относим к антропогенной закарбонированности почв (рис. 6). С глубины 1.5 м они вновь появляются, и их содержание достигает 4%, что, по-видимому, связано со свойствами почвообразующих пород. Новообразования сформированы в горизонте B5ca исключительно в почве блочного повышения. Этот факт мы также относим к антропогенной закарбонированности почв.

Необычно высокими для естественных почв Суздальского района являются значения pH водного, они могут достигать 8 ед. Однако почва в

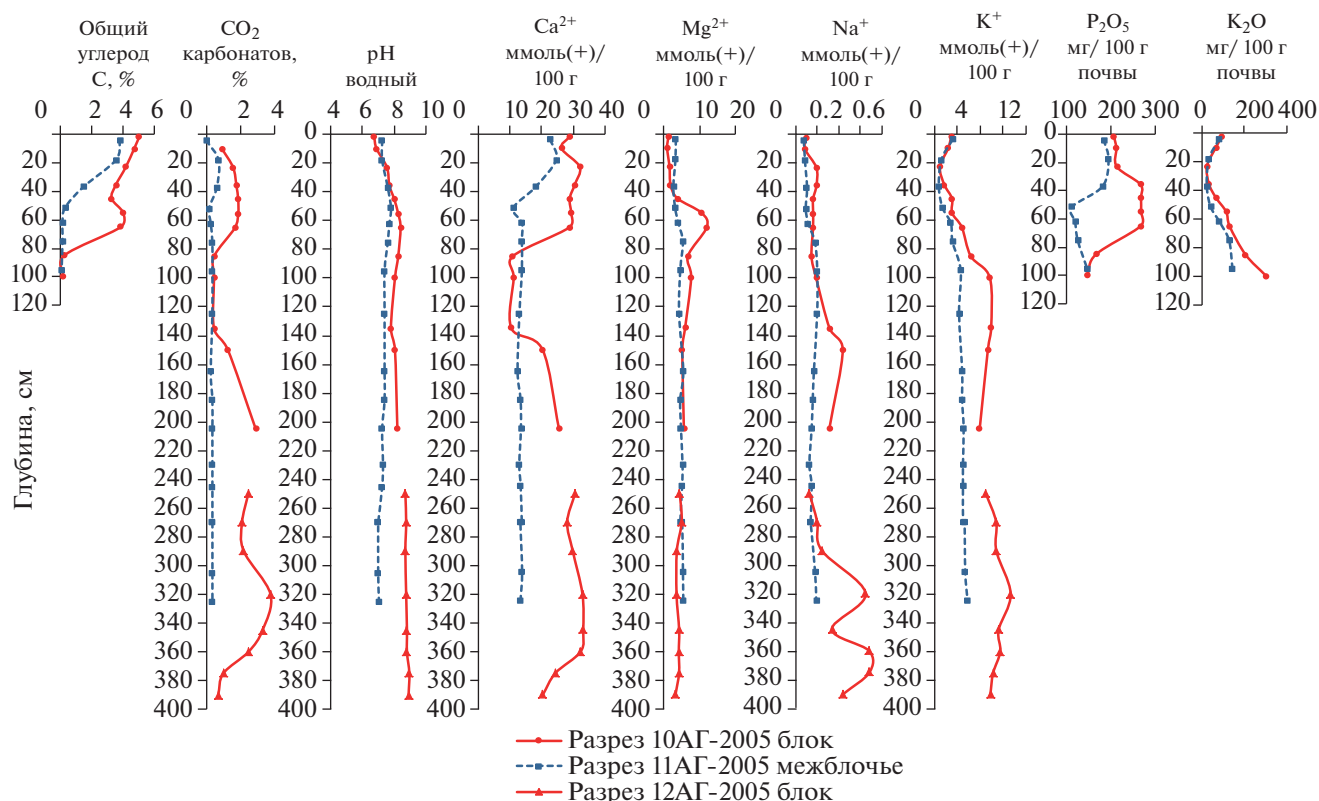


Рис. 6. Химические свойства серых лесных почв. Ключевой участок “Кибол”.

межблочном понижении содержит меньше карбонатов, т. е. она частично промывается от карбонатов. Все это связано с пониженной формой микрорельефа, обуславливающей дополнительную аккумуляцию и распределение влаги по профилю. Значения pH среды в межблочном понижении относятся к слабокислым. Соответственно, криогенная структура, формируя межблочье обеспечивает больший транзит веществ вниз по профилю, а более кислая реакция среды и дополнительная влага ускоряют процессы растворения и выноса карбонатов. В почве блочного повышения такой характер распределения не выявлен.

Еще один факт, свидетельствующий о наличии зональных почвенных процессов, отрицаемых некоторыми исследователями [35], — верхняя часть культурного слоя в разрезе 10AG-05 (горизонты Ad и Al_сов) под влиянием современных биоклиматических условий по значениям pH перешла из щелочного ряда в ряд слабокислых.

На блочном повышении, в археологическом шурфе, содержание поглощенных Ca^{2+} , особенно Mg^{2+} , обменного K^{+} выше по сравнению с естественными почвами. Большие значения содержания этих элементов позволяют уверенно говорить об их вовлеченности в процесс элювиально-иллювиальной дифференциации.

Содержание обменного Na^{+} имеет низкие значения в обеих почвах, а распределение обменного K^{+} — наоборот большие. В почве блочного повышения его содержание резко возрастает в средней и нижней частях профиля. В почве межблочья содержание обменного K^{+} несколько увеличивается вниз по профилю.

Еще более нехарактерным для естественных серых лесных почв является факт сильной обогащенности верхней части профиля подвижными формами P_2O_5 и K_2O . Обычно содержание этих подвижных соединений редко превышает 10–15 и 4–5 мг/100 г почвы соответственно. Значения для подвижных P_2O_5 и K_2O более 200 мг/100 г почвы свидетельствуют о сильном антропогенном воздействии (рыболовство и др.). В разрезе 11AG-05 в межблочье, который по морфологическим характеристикам отвечает статусу фоновой почвы и не затронут антропогенезом, значения в среднем составляют около 150 и 50 мг/100 г почвы соответственно. При этом подвижный P_2O_5 вовлекается в процесс элювиально-иллювиальной дифференциации. Вероятно, такие значения фоновые почвы приобретают за счет расположения в пониженной ферме рельефа. Разрез находится на склоновой поверхности и находится непосредственно у археологического объекта, т. е. дополнительно привно-

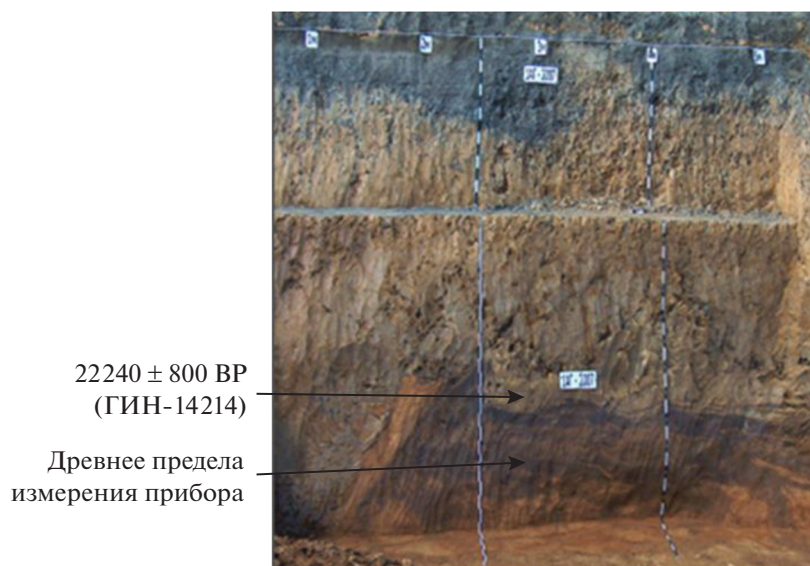


Рис. 7. Разрез 1АГ-2007 (межблочье). Серая лесная почва. Ключевой участок “Пушино”. Приведена радиоуглеродная дата, соответствующая “брянской” погребенной почве. Серпуховской район, Московская область.

сятся химические элементы в естественные почвы, увеличивая их показатели.

К сожалению, мы не проводили радиоуглеродное датирование погребенных почв и крупной грунтовой структуры на ключевом участке “Кибол”. Но все же попытались доказать, что именно такие поздневалдайские криогенные структуры формировали межблочные понижения.

В доказательство были взяты данные, частично опубликованные в литературе [2]. Почвы, рассматриваемые в работе [2], изучались в ареале серых лесных почв Московской области в окрестностях г. Пушино в 250 км к юго-западу от ключевого участка “Кибол”.

Один из разрезов-траншей (разрез 1АГ-2007, межблочье) заложен в 15 км к западу от г. Пушино. Он вскрыл крупную криогенную грунтовую структуру, рассекающую нижележащую погребенную почву (рис. 7).

Согласно стратиграфии профиля и проведенного радиоуглеродного датирования, криогенная структура была сформирована после 22240 ± 800 BP (ГИН-14214) в один из этапов валдайского похолодания (17–15 тыс. л. н.). Полученная радиоуглеродная дата точно соответствует брянскому интервалу, в котором сформировалась погребенная почва. По всем параметрам она аналогична погребенной почве, рассматриваемой на ключевом участке “Кибол”.

Еще один разрез заложен в 10 км к югу от г. Пушино. Он также вскрыл крупную криогенную грунтовую структуру, на фотографии она имеет сизый цвет (оглеение) в отличие от вмещающей породы (рис. 8). Подобная закономерность отчет-

ливо проявляется в современных почвах Западной Сибири.

Нужно отметить, что многочисленные разрезы, заложенные в межблочьях в районе г. Пушино приурочены к крупным клиновидным грунтовым структурам. На рис. 8 показано стратиграфическое строение одной из таких структур, вскрытой траншеей (разрез 6АГ-2007), ориентированной строго по линии, соединяющей два соседних блочных повышения. Структура имеет четкую клиновидную форму, ее высота составляет 3 м (такие же размеры имеет клиновидная структура, вскрытая в разрезе 1АГ-2007). Заполнена структура суглинком, перекрыта погребенной почвой, радиоуглеродный возраст которой составляет 14570 ± 300 BP (ИГАН-3808). Материал заполнения структуры однородный (что предполагает постепенное систематическое заполнение пустот, образовавшихся при растрескивании, а не постадийное заполнение при вытаивании части ледяной жилы); отсутствие в материале заполнения участков с горизонтально слоистым (водного генезиса) сложением; четкая незамытая граница структуры и вмещающего материала; постепенный переход клиновидной структуры в ее верхней части в перекрывающий покровный суглинок. Эти особенности свидетельствуют о формировании клиновидной структуры как изначально грунтовой, а не псевдоморфозы по повторно-жильным льдам [18, 19]. Сизый цвет структуры в отличие от вмещающей породы говорит о том, что здесь происходит процесс дополнительного увлажнения и застоя влаги. Структура как бы притягивает к себе дополнительную влагу. Наличие железистых

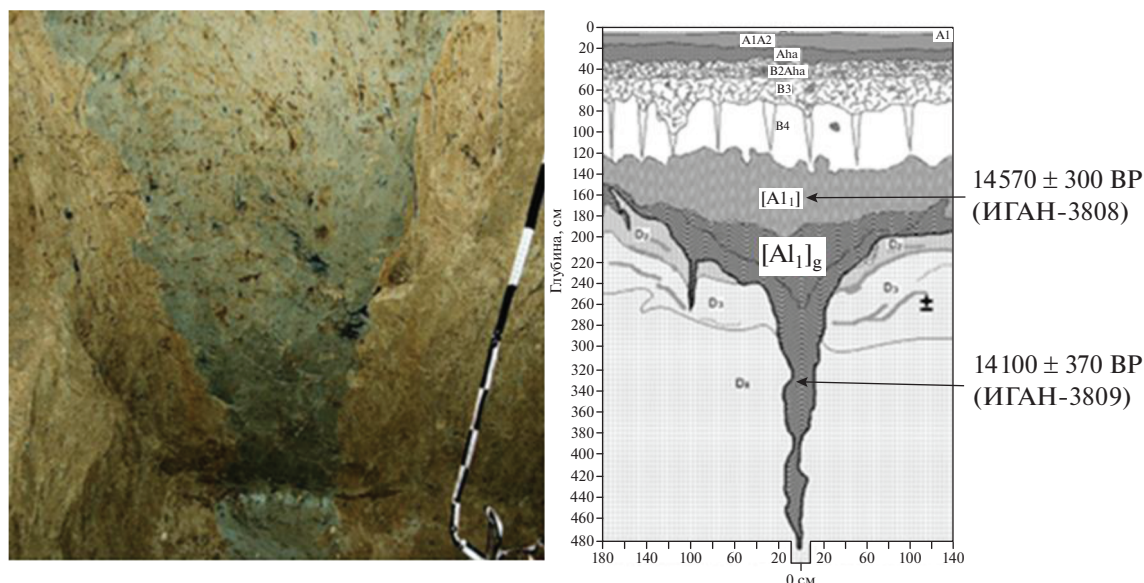


Рис. 8. Разрез 6АГ-2007 (межблочье). Серая лугово-лесная почва. Ключевой участок “Пушино”. Фото морфологии клиновидной грунтовой структуры. Схема морфологического строения клиновидной грунтовой структуры. Приведена радиоуглеродная дата, соответствующая ярославскому похолоданию.

прослоев и пятен говорит об изменении водного режима в самой структуре. Во вмещающей породе подобная морфологическая закономерность не обнаружена. Вероятно, между структурой и вмещающей породой существует субвертикальный геохимический барьер, препятствующий латеральному перераспределению влаги. Механизм формирования такого барьера мы связываем с уплотнением материала вмещающей породы при длительном формировании криогенной структуры.

На основе данных радиоуглеродного датирования погребенной почвы можно предположить, что процессы осадконакопления и ярославского криогенеза прекратились и стали преобладать почвообразовательные процессы. Более молодая радиоуглеродная дата, полученная по образцу, взятому из клиновидной структуры, может свидетельствовать или об омоложении материала, или о постепенном заполнении структуры материалом, формирующимся на дневной поверхности. В результате почвообразовательных процессов и оплывания грунта (от краев клиновидной структуры к ее центральной части и постепенному ее заполнению), над криогенной трещиной (крупной клиновидной грунтовой структурой) сформировалась пониженная форма микрорельефа и на изучаемой территории возник реликтовый полигонально-блочный микрорельеф.

Общая стратиграфия профилей во Владимирской и Московской областях, приведенные данные радиоуглеродного датирования могут свидетельствовать о том, что все рассмотренные крупные грунтовые структуры формировались примерно в

одно время. Нужно отметить, что некоторая идентичность морфологических особенностей криогенных структур (строение и размеры), выявленная в почвах на разных ключевых участках, предполагает схожесть в интенсивности процессов палеокриогенеза на обширных территориях центральной России. В данном случае в пределах 250–300 км влияние палеокриогенных процессов на почвы и почвообразующие породы было одинаковым.

С экологических позиций палеокриогенез изменяет направление почвообразовательного процесса через палеокриогенный процесс формирования западинно-блочного микрорельефа плейстоцен-голоценового времени. По данным радиоуглеродного анализа процессы микрорельефообразования получили широкое развитие в период похолодания 22–14 тыс. л. н. Образование в рельефе местности западин является начальным процессом перераспределения осадков в межблочья и западины через поверхностный сток в системе блок-межблочье-западина, что в конечном итоге приводит к формированию криоморфного типа водного режима, имеющего сезонный период формирования. Нужно отметить, что перераспределение осадков по элементам микрорельефа значительное. Согласно топографическим данным в разных точках ключевого участка “Пушино”, относительное превышение блочных повышений над межблочными понижениями достигает 35–80 см. В вегетационный период, почвы межблочий и западин получают дополнительную влагу к норме осадков через поверхностный сток. В этот период почва до глубины 100–130 см увлажняется до значений наименьшей

влажности или до категории общей полевой увлажности [37, 41]. В холодный период почвы межблочных понижений относительно блочных повышений накапливают влагу в форме снега. Кроме того, при промерзании в почвах межблочных понижений преобладает процесс намерзания влаги в форме льда. В верхних горизонтах мерзлой почвы намерзание влаги в форме льда превышает общую пористость на 30–40 мм. В отдельные годы намерзание влаги превышает общую пористость на 47–59 мм.

При оттаивании почвы в весенний период в протаявшем слое почвы формируется надмерзлотная верховодка. Это означает, что на период протаивания мерзлоты почва межблочных понижений формируется в условиях лугового типа водного режима. Это дает основание отнести почвы межблочных понижений и западин к почвам лугового типа почвообразования, а в некоторых случаях сами почвы отнести к типу серых лесных глеевых (к подтипу серых лесных поверхностно-глееватых (и поверхностно-луговатых)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных, собственные наблюдения и использованный картографический метод выявили наличие на поверхности ключевых участков палеокриогенного полигонально-блочного микрорельефа. Микрорельеф состоит из систем полигонов-блоков и разделяющих их полигональных ложбин (межблочных понижений). В отличие от блочных повышений межблочные понижения сформированы за счет крупных клиновидных грунтовых образований, что подтверждает палеокриогенный генезис. Под блочными повышениями палеомерзлотных деформаций не выявлено. Крупные криогенные клиновидные структуры на исследованной территории получили широкое распространение около 22–14 тыс. л. н., на что указывают радиоуглеродные данные. Согласно литературным палеогеографическим данным, в это время на исследуемой территории существовали максимальные для позднего плейстоцена похолодания и сформировался ярко выраженный полигонально-блочный микрорельеф. С наступлением голоцена сменилась природная обстановка, активизировались почвообразовательные процессы, в совокупности повлиявшие на нивелирование и погребение палеокриогенного микрорельефа, переводя его в реликтовый.

Примененный комплекс методов показал, что палеокриогенный микрорельеф значительно дифференцирует морфолого-генетические свойства почв. Это проявляется в наличии или отсутствии определенных горизонтов в профилях почв и изменении их свойств. Палеокриогенез обусловил отличия почвы на блочном повышении и в меж-

блочном понижении по морфологическим признакам, физическим и химическим характеристикам. Почвы археологических объектов в результате влияния палеокриогенного и антропогенного факторов еще более дифференцированы по химическим показателям.

Позднеплейстоценовый палеокриогенез обусловил формирование, дифференциацию и современное функционирование серых лесных почв Владимирской и Московской областей.

Палеокриогенез, как экологический фактор, изменяет направление почвообразовательного процесса на уровне типа, формируя комплексную структуру почвенного покрова центральной России.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 0191-2019-0046. Аналитические работы осуществляли в ЦКП ИФХиБПП РАН при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 17-04-00078_а и 19-29-05178_мк).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. 436 с.
2. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 160 с.
3. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
4. Бердников В.В. Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 1976. 126 с.
5. Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 272 с.
6. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах Северного и Южного полушарий за последние 130000 лет. М.: ГЕОС, 2008. 264 с.
7. Бреслав С.Л., Валуева М.Н., Величко А.А. и др. Стратиграфическая схема четвертичных отложений центральных районов Восточной Европы // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Восточной Европы. М.: ИГ РАН, 1992. С. 8–36.
8. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
9. Величко А.А. Реликтовая криогенная морфоскульптура Русской равнины, ее научное и прикладное значение // Доклады АН СССР. 1964. Т. 158. № 5. С. 1078–1081.

10. *Величко А.А.* Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973. 256 с.
11. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.* Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 1996. 150 с.
12. *Величко А.А., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И., Новенко Е.Ю.* Геохронология палеолита Восточно-Европейской равнины // *Ландшафтно-климатические изменения, животный мир и человек в позднем плейстоцене и голоцене.* М.: ИГ РАН, 1999. С. 19–50.
13. *Герасимов И.П.* Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.: Наука, 1976. 299 с.
14. *Глушанкова Н.И.* Эволюция и особенности плейстоценового педогенеза в бассейнах Дона, Волги, Камы // *Квартер 2005 – IV Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода.* Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 85–87.
15. *Гугалинская Л.А.* Почвообразование и криогенез Центра Русской равнины в позднем плейстоцене. Пушкино, 1982. 204 с.
16. *Гугалинская Л.А., Иванникова Л.А., Алифанов В.М., Антошечкина Н.А.* Педоциклиты серой лесной и погребенной брянской почв Владимирского ополья и биологические методы их диагностики // *Почвоведение.* 2001. № 10. С. 1157–1169.
17. *Докучаев В.В.* Избр. соч. Т. 1. Русский чернозем. М.: Сельхозгиз, 1948. 435 с.
18. *Каплина Т.Н., Романовский Н.Н.* О псевдоморфозах по повторно-жильному льду // *Перигляциальные явления на территории СССР.* М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 101–121.
19. *Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д.* Грунтовые жилы, связанные с морозобойным растрескиванием // *Палеокриология в четвертичной стратиграфии и палеогеографии.* М.: Наука, 1973. С. 79–90.
20. *Качинский Н.А.* Методы механического и микроагрегатного анализа почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1943. 45 с.
21. *Классификация и диагностика почв СССР.* М.: Колос, 1977. 224 с.
22. *Козловский Ф.И., Горячкин С.В.* Почва как зеркало ландшафта и концепция информационной структуры почвенного покрова // *Почвоведение.* 1996. № 3. С. 288–297.
23. *Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А.* Геолого-палеоэкологические события позднего плейстоцена в районе палеолитического поселения Сунгирь // *Позднепалеолитическое поселение Сунгирь (Погребения и окружающая среда).* М.: Научный мир, 1998. С. 189–218.
24. *Макаров Н.А., Федорина А.Н., Зайцева Г.И., Гротс П.М.* Радиоуглеродные даты памятников раннего железного века-средневековья в Суздальском Ополье // *Российская Археология.* 2011. № 4. С. 35–51.
25. *Макеев А.О.* Поверхностные палеопочвы лёссовых водоразделов Русской равнины. М.: Молнет, 2012. 300 с.
26. *Макеев А.О., Дубровина И.В.* География, генезис и эволюция почв Владимирского ополья // *Почвоведение.* 1990. № 7. С. 5–25.
27. *Марков К.К.* Изучение перигляциальных образований (обзор) // *Известия АН СССР. Сер. географическая.* 1959. № 2. С. 113–127.
28. *Матинян Н.Н., Керзум П.П., Рушаков А.В.* Ландшафтно-исторические аспекты генезиса серых лесных почв северо-западной окраины Владимирского ополья // *Почвоведение.* 2003. № 5. С. 517–527.
29. *Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского ополья /* Под ред. Кирюшина В.И., Иванова А.Л. М.: Агроконсалт, 2004. 455 с.
30. *Морозова Т.Д.* Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука, 1981. 282 с.
31. *Москвитин А.И.* Опорные разрезы плейстоцена Русской равнины. М.: Наука, 1976. 203 с.
32. *Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет /* Под ред. Герасимова И.П., Величко А.А. М.: Наука, 1982. 156 с.
33. *Палеогеография и перигляциальные явления плейстоцена /* Отв. ред. Марков К.К., Спасская И.И. М.: Наука, 1975. 223 с.
34. *Порожнякова О.М.* Реликтовый криогенный микрорельеф южной части Брянской области // *Геоморфология.* 1979. № 3. С. 86–93.
35. *Радов А.С., Пустовой И.В., Корольков А.В.* Практикум по агрохимии. М.: Колос, 1978. 851 с.
36. *Розов Н.Н.* Серые лесные почвы Европейской части СССР // *Почвы юго-восточной Европы.* София, 1964. 416 с.
37. *Роде А.А.* Избр. тр. Т. 4. Проблемы гидрологии почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. 598 с.
38. *Рубцова Л.П.* О генезисе почв Владимирского ополья // *Почвоведение.* 1974. № 6. С. 17–27.
39. *Свиточ А.А.* Палеоландшафты плейстоцена (анализ и актуальные вопросы) // *Квартер 2005 – IV Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода.* Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 386–387.
40. *Сычева С.А., Хохлова О.С., Седов С.Н.* Генезис, ¹⁴C-возраст и длительность почвообразования Брянской палеопочвы Среднерусской возвышенности по разным датирующим материалам // *Бюл. Комиссии по изучению Четвертичного периода.* М.: ГЕОС, 2015. № 74. С. 53–68.
41. *Теории и методы физики почв /* Под ред. Шеина Е.В., Карпачевского Л.О. М.: Гриф и К., 2007. 616 с.
42. *Тюрюканов А.Н., Быстрицкая Т.Л.* Ополья центральной России и их почвы. М.: Наука, 1971. 239 с.
43. *Чендев Ю.Г.* Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: ГЕОС, 2008. 212 с.
44. *Шик С.М.* Климатическая ритмичность в плейстоцене Восточно-Европейской платформы // *Стратиграфия. Геологическая корреляция.* 1998. № 4. С. 105–109.
45. *Шоба С.А.* Морфогенез почв таежно-лесной зоны. М.: НИИ-Природа, 2007. 299 с.
46. *Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 тыс. л. н.).* М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 556 с.

47. Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ivannikova L.A., Ovchinnikov A.Yu. Soil Polygenesis in the Northeast Part of Vladimir Oblast // *Eurasian Soil Science*. 2006. V. 39. Suppl. 1. P. S31–S39.
<https://doi.org/10.1134/S1064229306130072>
48. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. FAO, Rome, 2015. 192 p.
49. Seidenkrantz M.-S., Bornmalm L., Johnsen S.J. et al. Two-step deglaciation at oxygen isotope stage 6/5e transition: the Zeifeen-kattegat Climate Oscillation // *Quater. Sci. Rev.* 1996. V. 15. P. 63–75.
[https://doi.org/10.1016/0277-3791\(95\)00086-0](https://doi.org/10.1016/0277-3791(95)00086-0)
50. Svendsen J.I., Astakhov V.I., Bolshiyakov D.Yu. et al. Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian // *Boreas*. 1999. V. 28. P. 234–242.
<https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1999.tb00217.x>
51. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quater. Sci. Rev.* 2004. V. 23. P. 1229–1271.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.008>
52. Velichko A.A., Nechayev V.P. Late Pleistocene Permafrost in European USSR // *Late Quaternary environments of the Soviet Union*. Minneapolis: Univ. Minn. Press, 1984. P. 79–86.
53. Velichko A.A., Nechayev V.P. Cryogenic regions during the last glacial maximum (permafrost) // *Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere*. Budapest; Stuttgart, 1992. P. 108–109.
54. Velichko A.A., Zelikson E.M. Landscape, climate and mammoth food resources in the East European Plain during the Late Paleolithic epoch // *Quater. Int.* 2005. V. 126–128. P. 137–151.

The Influence of Paleocryogenesis on the Formation of Gray Forest Soils in Central Russia

A. Yu. Ovchinnikov^{1,*}, V. M. Alifanov¹, and O. I. Khudyakov¹

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow oblast, 142290 Russia*

*e-mail: ovchinnikov_a@inbox.ru

The paleogeographic development of natural process in the East European Plain in the Late Pleistocene was controlled by the rhythmic repeated alternation of cold and warm climatic epochs. Periodic continental glaciations, in particular, the Late Valdai glaciation, led to changes in terrain formation. Regional paleoenvironmental conditions for the formation of modern soil cover in the areas of gray forest soils in Central Russia were identified. Field studies of the influence of cryogenesis on the development of Holocene soils were conducted in the area of the Early Medieval archaeological monument Kibol-5 (Suzdal district of Vladimir oblast) and in the area of Pushchino (Moscow oblast). The differentiation of soils related to the specificity of their parent materials formed under the influence of the Late Valdai paleocryogenesis and the microtopography of the surface was analyzed. It was found that the surface microtopography is controlled by the buried paleocryogenic polygonal network of elevated blocks and hollows separating them. The presence of paleocryogenic deformations—large wedge-shaped structures—confirms the paleocryogenic genesis of this network. Large wedge-shaped structures in the studied area were formed about 22–14 ka ago as indicated by the radiocarbon data. According to the paleogeographic literature, this time was characterized by the maximum cooling in the Late Pleistocene, which contributed to the activity of cryogenic processes. With the onset of the Holocene, the natural environment changed, and soil-forming processes were activated. Some leveling and burying of the paleocryogenic microrelief turned it into the relict one. However, the paleocryogenic microrelief significantly differentiated the morphological and genetic properties of soils, manifested in the presence or absence of certain horizons in soil profiles, changed the properties of horizons or erased them. The soils on elevated blocks differ from the soils developed in the hollows in their morphology and physical and chemical characteristics. The soils of archaeological sites formed under the influence of both paleocryogenic and anthropogenic factors and are even more differentiated by chemical indicators. Thus, the Late Pleistocene paleocryogenesis as ecological factor changes the direction of pedogenesis at a high taxonomic level and contributes to the development of complex soil cover patterns in central Russia.

Keywords: paleopedology, anthropogenesis, Late Pleistocene, Greyzemic Phaeozems (Albic)