

ПОГРЕБЕННЫЕ ПАХОТНЫЕ ПОЧВЫ И КУЛЬТУРНЫЕ СЛОИ ДРЕВНЕГО ЯРОСЛАВЛЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

© 2025 г. А. А. Гольева^{а, *}, О. С. Хохлова^б, А. В. Энговатова^с

^аИнститут географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 119017 Россия

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

^сИнститут археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, Москва, 117292 Россия

*e-mail: golyeva@ya.ru

Поступила в редакцию 11.07.2024 г.

После доработки 30.10.2024 г.

Принята к публикации 31.10.2024 г.

Проведен сравнительный анализ серий разновозрастных культурных слоев и погребенных пахотных горизонтов в Ярославле с целью определения вклада климатических изменений и этапов бытования человека в их свойства и характеристики. Хроноряд из трех последовательно расположенных культурных слоев: 1150 г., начало XIII в. и 1220–1238 гг. — отражает климатический ритм длительностью около 100 лет — период перехода от климатического оптимума к малому ледниковому периоду в средневековье. Хроноряд из двух пахотных почв представлен почвами, распашанными в раннем железном веке (III–V вв. н.э.) и раннем средневековье (X–XI вв.), т.е. временной интервал между распашками составляет 700–900 лет. Рассмотрены морфологические, микроморфологические, микробиоморфные и основные химические свойства почв и культурных слоев. Показано, что аккумулятивные седиментационные процессы селитебных стадий формирования территории, формируясь под действием двух факторов: природного и антропогенного — позволяют сохранять их диагностические показатели. А турбационные процессы, свойственные пахотным почвам, нивелируют в их свойствах отражение динамики климата, оставляя влияние только антропогенного фактора (например, внесения удобрений, полив полей и др.).

Ключевые слова: динамика климата, хозяйственная деятельность, средневековье, микроморфология почв, микробиоморфные комплексы, антракомасса

DOI: 10.31857/S0032180X25030025, **EDN:** CLMSML

ВВЕДЕНИЕ

Изучение почв, погребенных в результате естественных процессов либо под искусственно созданными человеком земляными конструкциями, проводят с целью реконструкции климатической обстановки времени, предшествовавшего погребению [1, 3, 8, 9, 14, 16, 18]. Антропогенно-трансформированные почвы, агрогенные и поселенческие, формируются под воздействием двух факторов: природного и антропогенного. Это может усложнять или полностью нивелировать влияние динамики климата на формирование свойств таких почв. Поэтому изучение подобных почв является более сложным для целей палеореконструкций.

Это делает необходимым определение факторов, повлиявших на формирование тех или иных свойств антропогенно-трансформированных почв.

В качестве объекта исследования выбран исторический центр города, который представляет научный интерес со стороны археологов и почвоведов на протяжении многих лет. Основание г. Ярославля при впадении р. Которосли в Волгу князем Ярославом Мудрым принято относить к началу XI в. Этот период возникновения города, а также начальный этап его существования XI–XIII вв. особенно интересны, поскольку исторически шел процесс перехода природного ландшафта к антропогенному, а в палеогеографическом отношении — это время начала транзита от малого

климатического оптимума (X–XII вв.) к малому ледниковому периоду (XIV–XVIII века).

Масштабные археологические раскопки в историческом центре Ярославля проводятся с 2004 г. За время раскопок археологически изучено более 5800 м² территории центра, расположенного на стрелке, в месте впадения р. Которосль в Волгу. Раскопки сопровождаются естественно-научными исследованиями, что позволило реконструировать в общих чертах начальные этапы становления города, создать серию картосхем развития территории начиная с раннего железного века (РЖВ) [6, 12]. Основываясь на полученных результатах, становится возможным проводить более детальные исследования, характеризующие динамику палеоэкологической ситуации раннего средневекового периода становления города.

Цель работы — определить вклад климатических изменений и развития хозяйственной деятельности при формировании двух типов антропогенно-трансформированных почв Ярославля: пахотных (турбационный процесс создания верхнего горизонта) и селитебных (седиментационный процесс).

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Современный Ярославль расположен в 280 км на северо-восток от Москвы в природной зоне средней тайги. Средняя температура января –11°C, июля +17°C, среднегодовое количество осадков 550 мм. Господствующей растительностью являются хвойные леса, зональные почвы — подзолистые на суглинистых породах. На песчаных отложениях сформированы подзолы. Территория проведения охранных раскопок расположена на песчаном массиве с подзолами [6]. В процессе обживания и освоения территории за счет привнесенного материала в качестве удобрения и при строительных работах происходило обогащение почв мелкоземом, и пахотные почвы определяются как супеси, а культурные слои — легкие суглинки [6].

Первоначальное средневековое поселение, по данным Лаврушина с соавт. [11], было основано на древней озерной террасе с относительной высотой, видимо, не более 5–7 м.

В железном веке господствовали южно-таежные еловые и елово-сосновые леса с незначительным участием широколиственных пород. Начало раннего средневековья по спорово-пыльцевому комплексу отражает значительные изменения в зональном типе растительности: доминирующими стали смешанные сосново-еловые леса с участием широколиственных пород, а также широколиственные леса, в которых распространение получили дуб и липа, что может коррелироваться с направленным изменением палеоклимата. [11].

В процессе проведения археологических работ в 2021 г. на раскопе Волжская набережная (раскоп 2) (рис. 1а) вскрыты разновозрастные культурные слои (квадраты 41 и 42, юго-западная стенка) и пахотные горизонты (квадрат 47, северо-западная стенка) (табл. 1), позволившие получить новые данные о развитии во времени почв изучаемой территории под влиянием природных и антропогенных факторов.

Были изучены две хронологические колонки антропогенно-трансформированных почв: серия культурных слоев с временным шагом между объектами 30–50 лет (общей длительностью около 80–90 лет) и двух пахотных горизонтов, временной промежуток между датами погребения которых составляет не менее 800 лет. Все возрастные параметры упоминаемых культурных слоев (КС) и почв основаны на многочисленных датированных археологических артефактах.

Хронология из трех последовательно расположенных культурных слоев составляет: 1150 г. (КС 3), начало XIII в. (КС 2) и 1220–1238 гг. (КС 1). Данный хронологический ряд интересен, поскольку по данным [11], это было время перехода от климатического оптимума XII в. к началу пессимума, которое характеризовалось резкими колебаниями погодных условий и часто экстремальными их проявлениями. Схожая характеристика смены климатических условий этого хроноинтервала выявлена при изучении серии почв под курганами Московской области [14], а также при изучении культурных слоев Тульского кремля [24].

Культурные слои раннего средневековья перекрыты строительными наносами более позднего времени мощностью 3 м, что способствовало их сохранности.

Северо-западная стенка раскопа, содержащая две погребенные пахотные почвы, была расположена в 5 м севернее по отношению к предыдущим объектам. Хронология представлена почвами, распаханными в РЖВ (III–V вв. н.э.) и раннем средневековье (X–XI вв.). Пахотные горизонты расположены друг над другом, имеют одинаковый гранулометрический состав и разделены тонкой фрагментарной буровой стерильной прослойкой, что позволяет считать их мощности, а, следовательно, и свойства сохранными, отражающими специфику агрогенеза того или иного времени. Фиксируемая фрагментарная прослойка имеет тот же песчаный гранулометрический состав, что и оба пахотных горизонта, т.е. имеет природный, а не антропогенный генезис. Продолжительный период между двумя распахиваниями характеризовался изменениями климата от достаточно холодных и влажных условий в середине первой половины I тыс. н.э. до климатического оптимума в X–XII вв. н.э. [7]. Обе почвы являются погребенными. Верхняя перекрыта материалом



Рис. 1. Исторический центр г. Ярославля. (а) — Участки охранных раскопок, звездочкой выделен раскоп 2 Волжская набережная. Макроморфологический облик объектов исследования: (b) — юго-западная стенка квадрата 41 (КС 1 и 2) и квадрата 42 (КС 3); (с) — северо-западная стенка квадрата 47.

Таблица 1. Морфологическая характеристика почв изученного хроноряда раскопа 2 Волжская набережная (г. Ярославль)

Горизонт	Глубина, см	Цвет, плотность	Новообразования, включения	Характер нижней границы
Селитебные горизонты, квадраты 41, 42, юго-западная стенка				
КС1	19—26	Черный, уплотнен	Обилие углей разной размерности, костей, фрагментов древесины	Границы выражены неявно, определены археологически по артефактам
КС2	26—35	»		
КС3	22—31	»		
Квадрат 47, северо-западная стенка				
Кора	0—17	Темно-бурый, рыхлый	—	Четкая, линейная, заметная по цвету, плотности, составу
Периферия вала	17—28	Палево-бурые и светлые прослои, плотный	—	Ровная, линейная, заметная по цвету
Arb1	28—35(36)	Темно-серый, плотный	Большое количество мелких углей (1.1 см и менее) и более редко — крупных	Линейная, слабофестончатая, резкая, хорошо заметная по цвету
Arb2	35(36)—41	Светло-серый, плотный	Большое количество мелких угольков, ржавых охристых конкреций	Линейная, фестончатая, заметная по исчезновению серой окраски
ВЕб	41—58	Светло-бурый песок с белесыми клиновидными структурами на общем желтоватом фоне	Количество конкреций уменьшается книзу и полностью исчезает в самом низу горизонта	Диффузная, постепенная, условная

наноса средневекового вала. В конце XIII—начале XIV вв. вал в верхней части был частично срыт [21] и на выровненной поверхности начали формироваться культурные слои позднего средневековья. Так, на сохранившейся маломощной (11 см) толще исходной насыпи вала, культурный слой был представлен строительным мусором в виде 17 см слоя древесной коры. Данный слой также включен в общий блок аналитических исследований, чтобы определить вероятность диагенетических изменений изученных почв.

В процессе работы использовали широкий спектр морфологических анализов почв (макро-, микро-, ультрамикроморфологические) в дополнение к традиционным для археологического почвоведения физико-химическим анализам почв, а также антракологический метод исследования.

Проведено полевое морфологическое описание почвенных профилей, индексы почвенных горизонтов приведены по WRB-2022 [23], почвы классифицированы по [10]. Отобраны образцы общей массы почв хронологически в культурных слоях и по генетическим горизонтам в погребенной почве для последующего определения основных физико-химических и микробиоморфных свойств в лаборатории, а также микромонологиты для микроморфологического анализа.

Определяли содержание органического углерода — методом Тюрина в модификации Антоновой с соавт. [2]; потери при прокаливании — нагрев образца до 900°C в течение 1 ч, валовый фосфор определяли фотометрически в трех повторностях [12].

Микроморфологический анализ шлифов и фотографирование проводили на микроскопе AxioScore A1 CarlZeiss (Германия) в Центре коллективного использования ИФХиБПП РАН.

Микробиоморфный анализ погребенных почв проводили по стандартной методике [5]. Фитолиты подсчитывали в едином объеме, соответствующем примерно 0.9 мм³. Поскольку изначально берутся равные по весу образцы, полученные итоговые значения позволяют проводить сравнительный количественный анализ. Для более точной морфологической характеристики отдельные образцы рассматривали при помощи электронного сканирующего микроскопа Jeol 6610LV (Япония) в Центре коллективного использования “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” ИГ РАН. Морфологическое описание форм фитолитов проводили согласно правилам ICPN 2.0 [25], а биоценотическую характеристику выделенных форм — по [5]. Корреляция между морфотипами фитолитов и их биоценотической характеристикой опубликована ранее [13, 15].

Использованный метод проведения антракологического анализа близок к описанному [20],

с модификацией [17]. Отобранные в полевых условиях образцы почв просушивали при стандартных условиях и взвешивали. Просеивали образцы почв с использованием сит с диаметрами перфораций: 5, 2, 1 и 0.5 мм. Применяли мокрое просеивание, поскольку в этом случае (по сравнению с сухим просеиванием) увеличивается точность определения массы самих углей, так как водой с них смываются минеральные частицы. Осевшие на разных ситах угли собирали пинцетом последовательно с каждого сита. Каждую полученную фракцию углей разной размерности взвешивали на аналитических весах по фракциям. Частицы более 2 мм просматривали под оптическим и электронным сканирующим микроскопами с целью определения древесных пород. При определении использовали атласы [4, 19] совместно с реферативной коллекцией древесины ИГ РАН. Для определения запасов антракомассы в генетически разных почвенных горизонтах исследовали плотность каждого изучаемого горизонта. Запасы угольной массы вычисляли с учетом мощности того или иного горизонта (реальные запасы), а также пересчитывали для слоя в 10 см (сравнительный запас). Это позволило сравнивать полученные данные для проведения обобщающих выводов. Для сравнительного анализа в качестве фонового был использован образец из горизонта VЕb, расположенный под пахотным горизонтом Арb 2 (РЖВ).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Морфологическое строение изученных почв представлено в табл. 1 и на рис. 1b, 1c.

Селитебная толща — серия культурных слоев (раскоп 2, квадраты 41, 42, юго-западная стенка)

Макроморфологически все слои похожи друг на друга — обогащены углями различной размерности, слегка уплотнены, имеют практически черную окраску. Во всех слоях много включений, связанных с хозяйственной деятельностью людей — костные остатки, обломки керамики, фрагменты древесины разной степени разложения и обугленности.

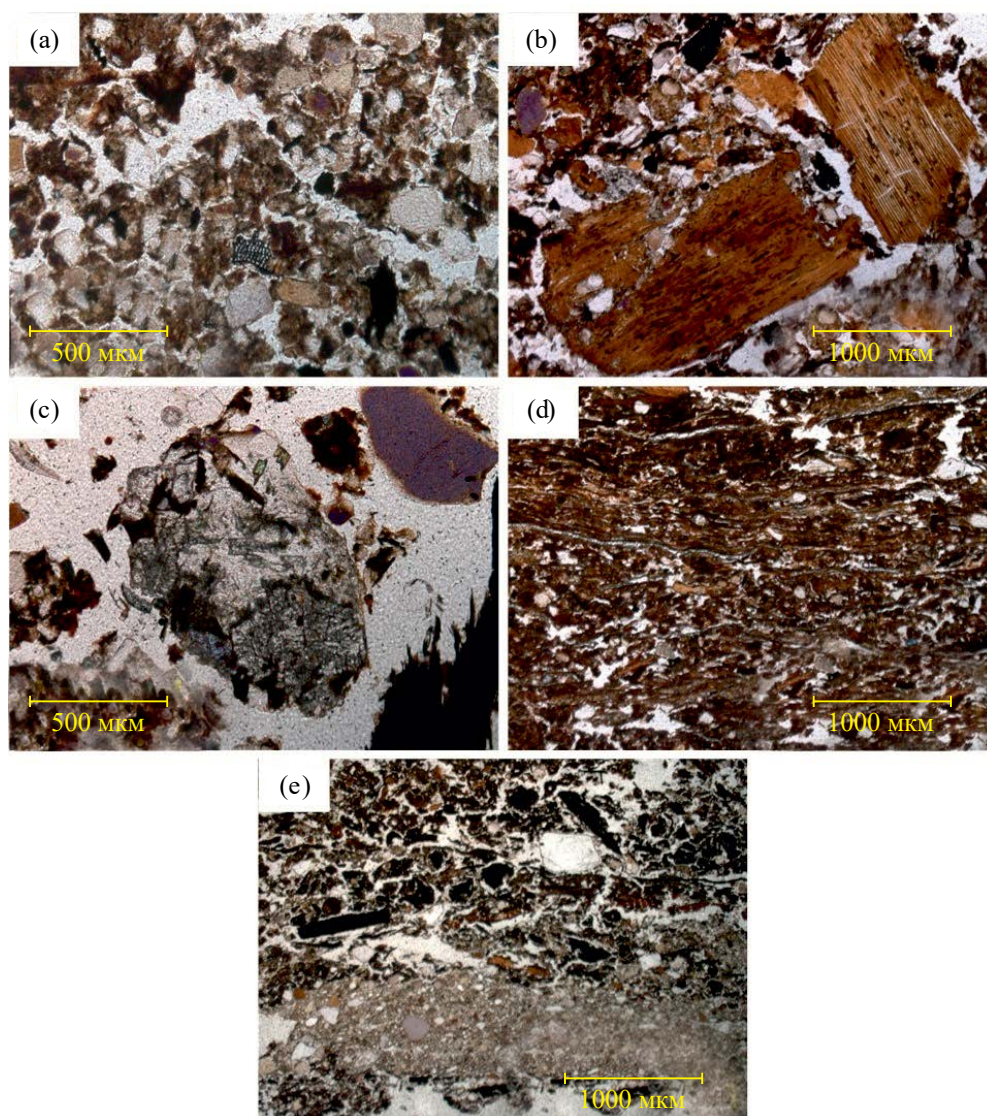
Физико-химические свойства (рис 2a). Культурный слой начала XIII в. несколько легче по объемному весу выше- и нижележащих слоев (табл. 2). Вероятно, это связано с большей примесью необугленных древесных остатков в данном горизонте.

Содержание органического углерода высокое во всех трех образцах, каких-либо существенных количественных различий нет.

Валового фосфора много, что типично для культурных слоев, но при этом самый ранний из рассмотренных КС содержит фосфора в 1.5 раза больше, чем остальные.

Таблица 2. Запасы антракомассы в антропогенно-трансформированных почвенных горизонтах и культурных слоях

Время	Горизонт	Мощность слоя, см	Плотность образца, г/см ³	Масса углей, общая, г	Реальные запасы антракомассы, кг/м ²	Сравнительные запасы антракомассы в условном слое толщиной 10 см, кг/м ²	Специфическая антракомасса, ррт
1220–1238 гг.	КС 1	7	1.14	0.2234	0.3491	34.91	2839
Начало 13 в. н.э.	КС 2	9	0.87	0.1586	0.1762	17.62	1842
Середина 12 в. н.э.	КС 3	9	1.024	0.8663	0.9625	96.25	9436
10–11 вв. н.э.	Арб1	7	1.61	0.3274	0.4677	46.77	2920
РЖВ	Арб2	6	1.49	0.0179	0.0298	2.98	243
	ВЕб	20	1.57	0.0006	0.0003	0.03	2

**Рис. 2.** Микроморфологическое строение культурных слоев из раскопа 2, квадраты 41 и 42. Фото (с), (d) сделаны в скрещенных николях (ХРЛ), остальные – в проходящем свете (РРЛ). Пояснения к рисункам даны в тексте.

Микроморфологическая специфика (рис. 2) КС1 1220–1238 гг. Видна разнородность состава материала в целом, подтверждающего, что этот слой является КС: присутствуют угли, кора, кварцевый песок, обугленная органика, сильно фосфатизованные кости (рис. 2а). Микроучастки, в которых исходные свойства почвы наиболее сохранены, характеризуются наличием темно-бурой железо-органической микромассы, в которую полностью погружены минеральные зерна основы, видны угли (хвойные), множество фрагментов обугленного органического вещества и зерна песка (кварц). Антропогенные включения: древесина с сохранившимся клеточным строением и взаимным расположением слоев клеток в растительной ткани, а также со следами микробиологического разложения (рис. 2б), вокруг много обугленной органики и остатки сильнофосфатизованных костей, черные и рыжие пятна сверху над остатками древесины соответственно); минерал, скорее всего амфибол, сильновыветрелый с хлопьями органики вокруг (рис. 2с). Поскольку последний минерал явно привнесенный, не свойственный древнеаллювиальным отложениям этого места, можно предполагать занятие какими-то ремеслами, где использовались минеральные добавки.

КС2—начало XIII в. Этот слой почти целиком состоит из растительных остатков от коры (рис. 2д). Это КС времени строительства деревянного здания. Помимо сосновой коры имеются и остатки древесины, и угли с сохранившимся клеточным строением, ткани хвойных пород деревьев, обугленные растительные остатки, скорее всего травянистых растений.

КС 3—середина XII в 1150 г. Слой горелого органического вещества. На микроуровне он выглядит как чередование минеральных и органических слоев, органическое вещество практически сплошь обуглено, тонкодисперсная масса между зерен минералов в минеральном прослое осветлена, возможно, за счет глеевых процессов (рис. 3е). На фоне преобладания обугленного органического вещества, в котором есть сравнительно крупные угли хвойных (вероятнее всего сосна), встречаются бурые растительные остатки, сильно разложившиеся, утратившие клеточное строение. Обнаружено несколько сравнительно крупных (до 1 мм длиной) осколков кости с сохранившимся рисунком костной ткани среди обугленной органики, а также присутствуют мелкие (несколько мкм) осколки сильнофосфатизованных костей. Среди минеральных зерен крупнопесчаного размера присутствует не только кварц, есть пироксены.

Микробиоморфная характеристика. Все образцы обогащены древесным детритом и аморфной органической массой. В самом верхнем КС 1 (1220–1238 гг.) встречаются панцири диатомовых водорослей и спикеры губок (рис. 3а). Фитолитов в

образцах много, что характерно для органических КС. Максимум этих частиц отмечается в наиболее раннем КС 3 (около 1150 г.). Выше их количество существенно уменьшается за счет увеличения доли древесного детрита. Самый верхний КС 1 вновь обогащен фитолитами, хотя и в несколько меньших объемах, чем КС 3.

Различается и качественный состав фитолитных комплексов. Снизу вверх в 2 раза возрастает доля форм, характерных для хвойных, появляются лесные злаки, но при этом уменьшается суммарное количество морфотипов луговых злаков и исчезают фитолиты степных форм, хорошо представленные в обоих нижних КС. Интересно высокое количество (60% от всех рассмотренных форм) фитолитов в виде не полностью сформировавшихся обломков. Это бывает, если при создании КС использовали растения, сорванные в первой половине лета, когда процесс формирования фитолитов не завершен. Возможно, выявленная специфика связана с хозяйственно-бытовыми особенностями жителей городища.

Антракомасса. Наиболее обогащенным углями является самый ранний КС, в нем реальные запасы антракомассы в 4–5 раз превышают таковые для селитебных горизонтов более позднего времени. Если учитывать несколько меньшую мощность КС1 по сравнению с остальными (7 и 9 см), то различия в сравнительных запасах становятся несколько меньше, но все равно нижний КС содержит углистых частиц практически в 3 раза больше, чем верхний КС1 и в 5 раз больше по сравнению с КС 2. Подобные различия характерны и для специфической антракомассы.

Помимо запасов антракомассы есть различия по размерности угольков и их составу (табл. 3). КС 3 (самый ранний) выделяется преобладанием крупных угольков (размерность более 5 мм), в то время как в КС 1 (самый поздний) более 50% всех угольков находится в пределах 1–2 мм, а КС 2 характеризуется полным отсутствием крупных угольков при их максимальном содержании во фракции 1–0.5 мм, т.е. наименьшей.

В составе углей преобладает зональная древесина, но в КС1 и КС 2 встречены угли дуба, отсутствующие в КС 3. В КС 2, помимо древесных углей, во фракции 5–2 мм присутствовали и костные обломки.

Агрогенная толща — серия пахотных горизонтов (раскоп 2, квадрат 47, северо-западная стенка)

Пахотные горизонты различаются по цвету, размерности углистых частиц. При этом в обоих горизонтах преобладают серые тона, хотя и разной интенсивности. Цвет горизонтов однороден по всей их толщине. Оба имеют резкие, практически линейные или слабофестончатые нижние границы,

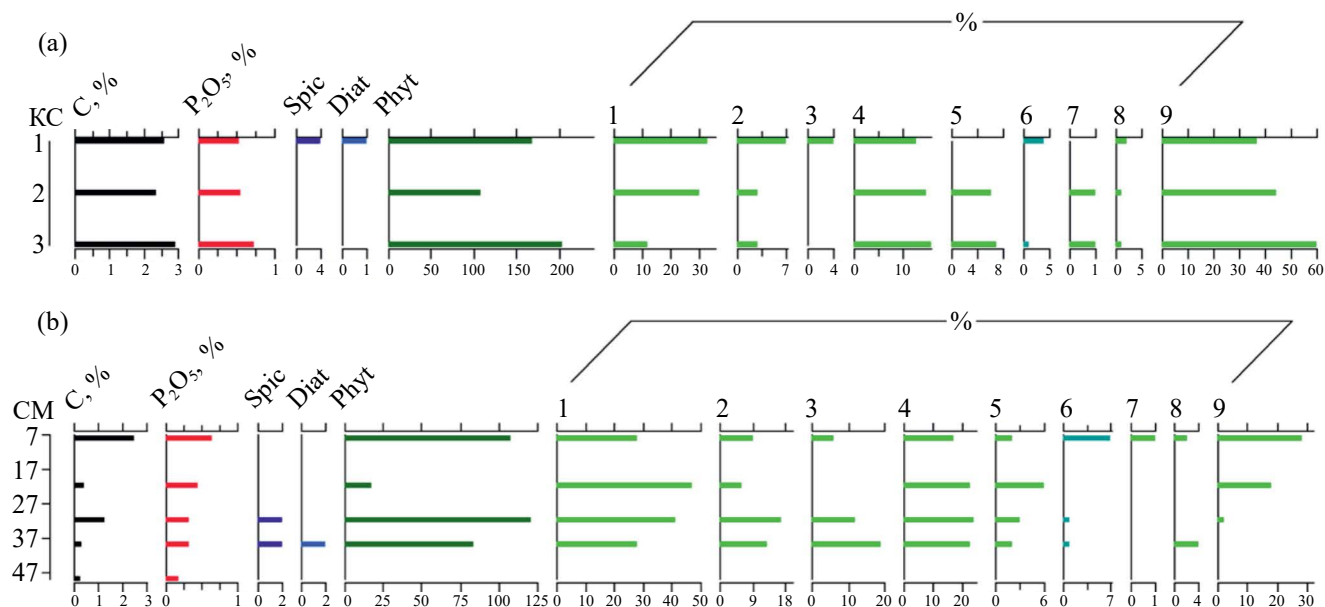


Рис. 3. Раскоп 2 Волжская набережная, Ярославль. Основные химические и микробиоморфные характеристики. (а) – культурные слои из юго-западной стенки квадратов 41 и 42 (вертикальная нумерация показывает номер культурного слоя); (б) – северо-западная стенки квадрата 47 (по вертикали показана глубина профиля в см). Содержание микробиоморф (спикул губок, панцирей диатомовых водорослей, фитолитов дано в единицах, распределение фитолитных групп, %). Фитолитные комплексы: 1 – разнотравье (морфотип ELO_ENT), 2 – хвойные (BLO_RES; BLO_VEL), 3 – лесные злаки (ACU_BUL_1); 4 – луговые злаки (ACU_BUL_2; BIL; ELO_SIN; POL); 5 – степные злаки (сухих лугов) (RON_CON; RON_TRZ); 6 – культурные злаки (ELO_DEN); 7 – сорная флора (ACU_BUL_XL); 8 – тростник/камыш (BUL_FLA); 9 – недиагностируемые обломки. Spic – спикулы губок; Diat – панцири диатомовых водорослей; Phyt – фитолиты.

Таблица 3. Доля фракции агрегатов (%) и идентификация угольков во фракции

Время	Горизонт	Доля фракции (%) и идентификация угольков			
		>5 мм	5–2 мм	2–1 мм	1–0.5 мм
1220–1238 гг.	КС 1	6.35, дуб, береза, можжевельник	19.12, дуб, береза, сосна, осина, ива, можжевельник	50.51	24.02
Начало 13 в. н.э.	КС 2	0	27.54, кость, сосна, дуб, береза	32.03	40.43
Середина 12 в. н.э.	КС 3	36.91, сосна, береза, ива, можжевельник	23.78, осина, сосна, ива, береза	29.31	10.00
10–11 вв. н.э.	Арб1	41.70, липа, береза, можжевельник	37.07, липа, береза, ива, сосна, можжевельник, кустарник	14.36	6.87
РЖВ	Арб 2	0	65.03, береза	20.95	14.02
	ВЕб	0	0	0	100

что позволяет уверенно диагностировать горизонты как агрогенные. Верхний (средневековый) горизонт имеет более темную окраску включений крупных углей, что позволило характеризовать его как огородный в отличие от нижележащего более светлого пахотного горизонта.

Физико-химические свойства (рис. 3б, табл. 2). По объемному весу оба горизонта и подстилающий

их элювиально-иллювиальный горизонт близки. Можно отметить лишь некоторое увеличение объемного веса в средневековом горизонте по сравнению с остальными.

По содержанию органического углерода выделяется средневековый пахотный горизонт (Арб1) – 1.27% по сравнению с 0.32% в нижележащем пахотном горизонте РЖВ (Арб2). Валового фосфора оба

горизонта содержат одинаково много, практически в 2 раза больше, чем в нижележащем горизонте почвы BEIb. Следует отметить высокое содержание фосфора в маломощном слое наноса сохранившегося вала — 0.45%. Это позволяет говорить, что слой является не чисто минеральной, а органо-минеральной массой или, что кажется более вероятным, часть соединений фосфора была вымыта из вышележащей органической толщи и в результате взаимодействия с карбонатной составляющей толщи вала осела, сформировав нерастворимые соли фосфатов кальция, то есть имеет диагенетическую природу.

Микроморфологическая специфичность (рис. 4). Периферия вала, нанос (17–28 см), показывает, что материал представляет собой смесь горизонтов, что видно по разбросу размеров зерен минерального скелета — от среднего песка до пыли (рис. 4а), причем есть зерна, резко выделяющиеся крупнопесчаным размером (стрелки). Растительные остатки — бурые, аморфные, внедрены в тонкодисперсную массу. Есть фрагментарные прослои обугленной растительной массы (рис. 4а черная масса), они залегают согласно границам пор, скорее всего вымыты. Отмечается фрагментарная вокругскелетная ориентировка железисто-глинистой тонкодисперсной массы. Среди минеральных зерен в заметном количестве обнаруживается литогенная карбонатная щебенка (рис. 4б зеленые стрелки).

Пленки на минералах образуются в контрастных температурных условиях, связанных с криогенезом — возможно, морозные зимы. Наличие большого количества зерен литогенного известняка именно в наносе косвенно подтверждает, что известняк использовали как строительный материал, а не для известкования при возделывании почвы.

28–35(36) см — огородный горизонт (Arb1); X–XI вв. Горизонт имеет пылевато-песчано-плазменное микросложение, видны следы деятельности мезофауны — выбросы в порах, множество органических и углистых включений разбросано в основной массе, отчетливы признаки перемешивания материала (рис. 4с). Количество обугленных включений здесь наибольшее среди слоев в изучаемом раскопе, в том числе присутствуют сравнительно крупные недифференцированные угольки (предположительно травянистой растительности). В порах присутствуют сравнительно крупные (до 2–3 мм в длину) фрагменты коры, иногда дезинтегрированные мезофауной (рис. 4д), справа сверху — дезинтегрированный остаток, по диагонали влево — ненарушенные). Карбонатная щебенка практически не встречается.

35(36)–41 см — пахотный горизонт (Arb2) РЖВ. Горизонт, так же как предыдущий, имеет пылевато-песчано-плазменное микросложение, здесь присутствует много включений бурой органики,

сравнительно крупных углей и обугленных растительных остатков, в том числе обугленные папулы аморфной органики (рис. 4е справа внизу). Антропогенные включения: игольчатые кристаллы в поре (рис. 4ф) — это ангидрит (полугидрат гипса $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); сравнительно мелкие кости (не более 0.1 мм), углистые частицы (скорее всего это уголь древесный от широколиственной породы дерева), сильно разложившиеся остатки коры в поре, к тому же растащенные мезофауной. В горизонте крайне редко встречаются мельчайшие (5–10 мкм) обломки карбонатной известковой щебенки.

На глубине 43–41 см отобрали образец из нижней части пахотного горизонта (Arb2) РЖВ. Здесь наблюдается характерное для плужной подошвы микрослоистое сложение (рис. 4г), имеются микроучастки, где явно видны следы перемешивания, довольно равномерно в основной массе распределены частицы угольной пыли, в порах присутствуют выбросы мезофауны. Отмечаются сравнительно крупные угли (рис. 4h, нижний левый угол), а также обожженные (обугленные) агрегаты с включениями зерен минералов (рис. 4h сверху). Антропогенные включения: множество растительных остатков, как бурых аморфных, так и частично обугленных, светло-бурые вытянутые фрагменты сильнофосфатизованных и иногда частично обугленных костей, удлиненные и округлые зерна литогенного кальцита.

Из переходного горизонта BEb образец был взят на глубине 50–55 см. Микростроение — плазменно-песчаное (chitonic), в скелетной части преобладают частицы размером крупной пыли (50–10 мкм), встречается средний (500–250 мкм) и мелкий (250–50 мкм) песок. Среди тонкодисперсной массы и зерен минералов рассеяны мелкие черные точки — угольная пыль. Наблюдаются сильно разложившиеся мелкие обломки костей. Внутри пор присутствуют частично обугленные растительные остатки. По краям пор и отчасти внутри множество зерен минералов без покровов — силтана. Зерна плагиоклаза очень мелкие, всегда либо окутаны либо покрыты сверху пленкой из оксидов железа, которой больше нет в образце. Возможно, это диагенетическое отражение какой-то антропогенной деятельности.

Микробиоморфная характеристика (рис. 5). Оба агрогенных горизонта содержат спиккулы губок, в нижнем есть панцири диатомовых водорослей. Это характерно для пахотных почв, поскольку в периоды вегетации их поливают речными водами.

Количество фитоцитов разное — наибольшее в средневековом горизонте. Но даже в нем количество частиц невелико, что позволяет говорить, что в обе почвы не вносился навоз в качестве удобрения.

Состав фитоцитных комплексов в целом близок, но можно отметить небольшие отличия. Так, в

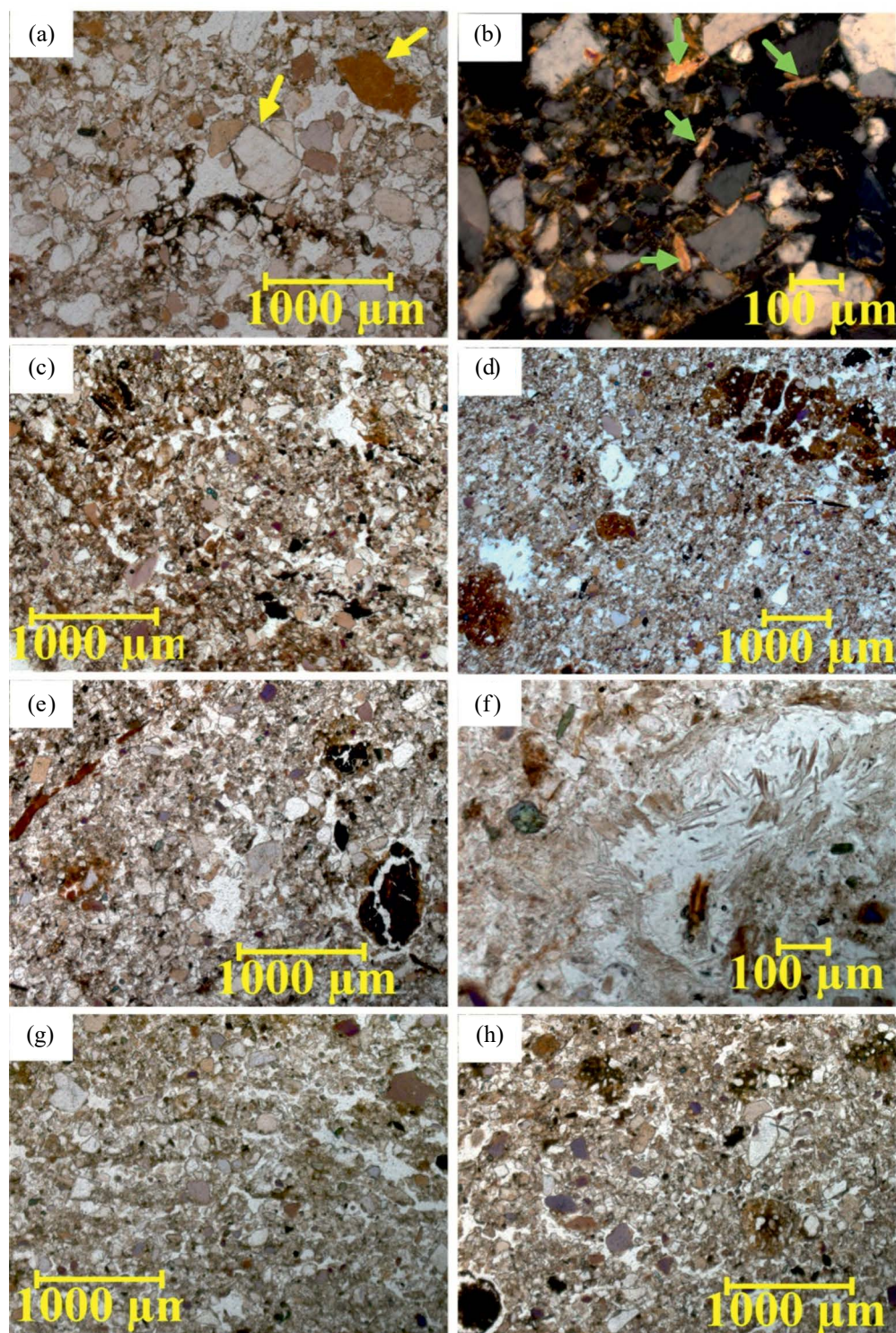


Рис. 4. Микроморфологическое строение горизонтов из раскопа 2, квадрат 47. Фото (d) сделано в скрещенных николях (XPL), остальные – в проходящем свете (PPL). Пояснения к рисункам даны в тексте.

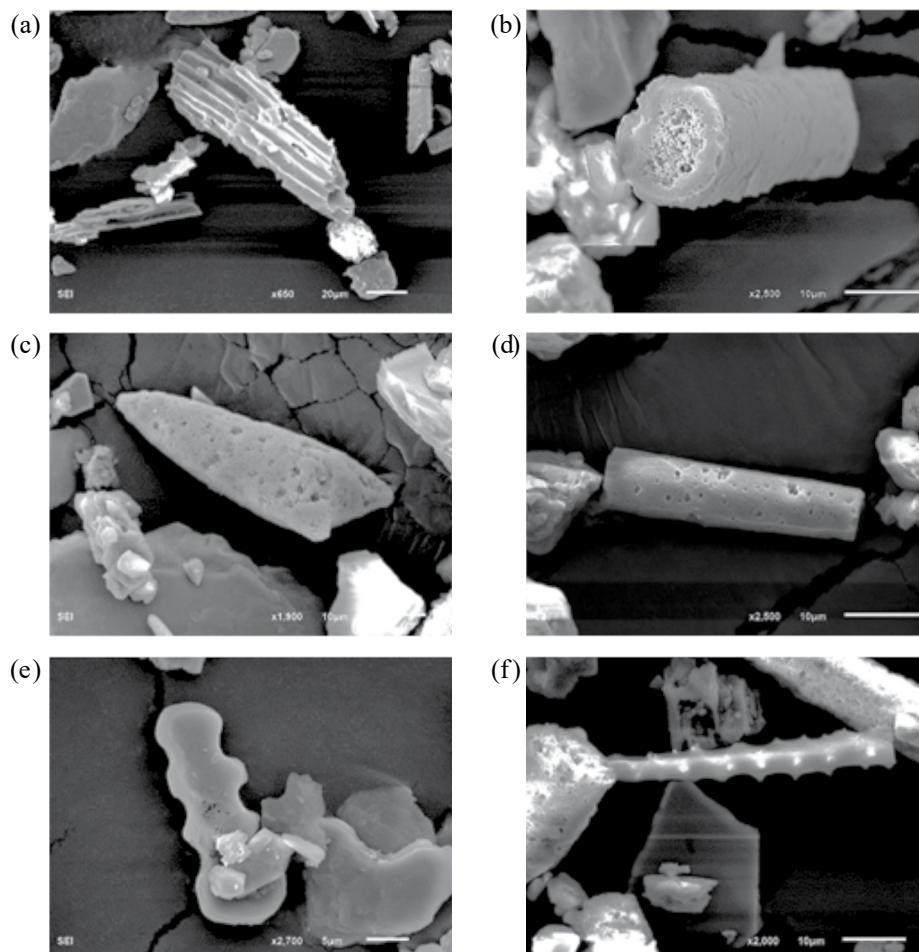


Рис. 5. Раскоп 2 Волжская набережная, квадрат 47, северо-западная стенка, микробиоморфы из пахотного горизонта РЖВ (Арб2 35–41 см): (a) — древесный детрит; (b) — спорула губки; (c) — фитоцит лесного злака (морфотип ACU_BUL_1); (d) — фитоцит разнотравья (ELO_ENT); (e) — фитоцит лугового злака (ELO_SIN); (f) — фитоцит культурного злака (ELO_DEN).

средневековой пашне больше форм, характерных для хвойных пород и меньше доля лиственных. Содержание луговых и степных форм практически одинаково.

По запасам *антракомассы* горизонты существенно различаются — средневековый горизонт содержит углей по массе на порядок больше по сравнению с горизонтами РЖВ. В целом по запасам антракомассы в кг/м² различия составляют практически 20 раз. Следовательно, в средневековье в качестве удобрения использовалась древесная зола, чего не было в раннем железном веке.

В огородном горизонте около половины всех угольков представлены крупной фракцией (размерность более 5 мм), а в более раннем пахотном во фракции 5–2 мм (табл. 3). Следует отметить, что в нижележащем переходном горизонте ВЕб угольные частицы присутствуют исключительно в

самой мелкой фракции (1–0.5 мм) и в минимальных объемах.

Кроме размерности, угли различаются и составом древесных пород. В РЖВ все встреченные угольки принадлежали березе, в то время как в средневековом слое состав углей был более широким и в нем помимо березы были угли липы, ивы, хвойных пород деревьев.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Возможности и ограничения отражения динамики климата в исследованных группах образцов

Селитебные горизонты. Результаты работы позволяют говорить, что культурные слои поселений лучше отражают климатическую обстановку периода их формирования по сравнению с пахотными почвами.

За период менее чем 100 лет, в течение которого шел процесс перехода от теплых и влажных условий (климатический оптимум) к холодным и сухим (начало климатического пессимума), в составе КС стало меньше органического вещества, валового фосфора, фитоцитов. Изменился состав фитоцитных комплексов в сторону увеличения доли лесных форм при исчезновении степных. Резко сократились общие запасы антракомассы.

Но при этом выявлены отдельные факты, противоречащие этому климатическому тренду. Так, в составе угольков в КСЗ, относящемся к наиболее благоприятным климатическим условиям, отсутствовали угли дуба, в то время как в более поздних КС, когда стало холоднее, эти угли есть. Наличие любых частиц в составе культурных слоев связано с хозяйственной деятельностью человека и отражает эту деятельность. Следовательно, это несоответствие убедительно показывает двойное воздействие на культурные слои — природное (изменения климата) и антропогенное (например, сжигание той или иной окрестной древесины).

Пахотные горизонты. Пахотные горизонты, вне зависимости от их сельскохозяйственной специализации (под огороды или пашню), в меньшей мере отражают климатические флуктуации. Возможно, это связано с регулярным перемешиванием горизонта и внесением посторонних веществ, что не позволяет сформироваться каким-либо характерным признакам и в итоге приводит к необратимым изменениям всех свойств этих горизонтов.

В изученном разрезе наиболее информативным для характеристики климата оказался верхний слой — слой наноса вала, который не перемешивался. Поскольку формирование этого слоя шло в период усиления низких температур малого ледникового периода, то в шлифах данный процесс выражен достаточно ярко в виде железисто-глинистых оболочек на минеральных зернах.

Можно отметить следующие особенности огородного горизонта средневековья: перемешивание слабое, вероятно рыхлили, копали лопатой. Периодически выжигали траву, вносили в качестве удобрений древесную золу и растительные остатки.

Характерные черты пахотного горизонта РЖВ: использовали орудия вспашки (не лопатой копали), поэтому сформировался горизонт плужной подошвы. В качестве удобрений вносили не только растительные остатки, но и дробленые кости и, возможно, минеральные добавки, от которых остался гипс и мельчайшие осколки известковой щебенки. Мелкие фрагменты костей и осколки карбонатной щебенки в пахотных горизонтах РЖВ отмечались ранее [22], что позволяет говорить о специфике агрогенеза в тот период и владении населением соответствующим набором агрохимических мелиораций почв.

Кроме того, ранние пахотные горизонты (РЖВ) содержат меньше углистых частиц по сравнению с более поздними (средневековые). Это может объясняться как меньшим использованием древесных углей в качестве источников удобрения почвы, так и меньшей сохранностью, поскольку они дольше подвергались деформационным воздействиям корневых систем и почвенной фауны.

Состав фитоцитных проб в сравниваемых разновозрастных пахотных горизонтах в целом близок между собой, но некоторые слабые биоклиматические отклики можно отметить — это небольшое возрастание доли степных форм при уменьшении лесных морфотипов в средневековой пашне по сравнению с более ранней пашней раннего железного века.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что аккумулятивные седиментационные процессы седиментальных стадий преобразования территории (создание культурных слоев поселений), формируясь под действием двух факторов: природного и антропогенного, — в полной мере их демонстрируют. А турбационные процессы, свойственные пахотным почвам, нивелируют динамику климата, отражая только антропогенный фактор (например, внесение тех или иных удобрений, особенности механической обработки и т.п.).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л., Белинский А.Б., Калмыков А.А., Корневский С.Н., Ван дер Плихт Й. Погребенные почвы Большого Ипатьевского кургана и их значение для реконструкции палеоклимата // Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. М.: Памятники исторической мысли, 2001. Вып. 2. С. 131–143.

2. Антонова З.П., Скалабян Л.Г., Сучилкина Л.Г. Определение содержания в почвах гумуса // Почвоведение. 1984. № 11. С. 130–133.
3. Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы, IV–II тысячелетие до н.э. М.: Наука, 2006. 206 с.
4. Вихров В.Е. Диагностические признаки древесины главных лесохозяйственных и лесопромышленных пород СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 131 с.
5. Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 238 с.
6. Гольева А.А., Энговатова А.В. Карты-схемы антропогенной динамики ландшафтов ранних этапов становления центра Ярославля // Археология Подмосквья. 2016. Вып. 12. С. 82–105.
7. Еремеев И.Р., Дзюба О.Ф. Очерки исторической географии лесной части Пути из варяг в греки. Археологические и палеогеографические исследования между Западной Двиной и озером Ильмень. СПб.: Нестор-История, 2010. 670 с.
8. Жарких И.А., Русаков А.В., Михайлова Е.Р., Соболев В.Ю., Хохлова О.С. Почвенно-археологические исследования педохронорядов в средневековых курганных могильниках на территории Плюсского района Псковской области // Динамика экосистем в голоцене. Сб. ст. матер. VI всерос. науч. конф. СПб.: Изд-во РГПУ им. АИ Герцена, 2022. С. 422–427.
9. Иванов И.В., Васильев И.Б. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект, 1995. 144 с.
10. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
11. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Энговатова А.В. Домонгольский Ярославль: палеоландшафты, палеоклиматология, палеолимнология, историко-социальные и хозяйственные события // Археология Подмосквья. 2016. Вып. 12. С. 106–129.
12. Макаров М.И. Фосфор органического вещества почв. М.: ГЕОС, 2009. 395 с.
13. Рябогина Н.Е., Южанина Э.Д., Иванов С.Н., Гольева А.А. Микробиомаркеры природного окружения и внутреннего обустройства жилищ неолита и энеолита (поселения Мергень 6 и 7) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2021. № 4. С. 5–16.
<https://doi.org/10.20874/2071-0437-2021-55-4-1>
14. Хохлова О.С., Гольева А.А. Палеопочвенное и микробиоморфное изучение курганов средневековья в Подмосквье // Почвоведение. 2024. № 1. С. 142–158.
15. Хохлова О.С., Макеев А.О., Энговатова А.В., Кузнецова Е.А., Гольева А.А. Палеоэкология и хозяйственная деятельность человека на основе изучения культурных слоев и палеопочвы Тульского кремля // КСИА. 2022. № 268. С. 357–378.
<https://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.268.357-377>
16. Чендев Ю.Г. Медленные и быстрые реакции палеопочв на климатические изменения в голоцене // Палеопочвы, палеоэкология, палеоэкономика. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 200–205.
17. Центральный базар Болгара и его окружение (междисциплинарные исследования по материалам раскопок 2011–2019 гг.) // Материалы и исследования по археологии Болгарского историко-архитектурного комплекса. Т. IV. М.: Нестор-История, 2022. 280 с.
18. Barcz A., Joó K., Petó Á. et al. Survey of the buried paleosol under the Lyukas mound in Hungary // Eurasian Soil Sci. 2006. V. 39. P. 133–140.
<https://doi.org/10.1134/S1064229306130217>
19. Barefoot A.C., Hankins F.W. Identification of modern and tertiary woods. Oxford: University Press, 1982. 189 p.
20. Carcaillet Ch., Thinon M. Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): Methodology and preliminary data // Rev. Palaeobot. Palynol. 1996. V. 91. P. 399–416.
21. Engovatova A., Golyeva A. Antropogenic soils in Yaroslavl (Central Russia): history, development and landscape reconstruction // Quarter. Int. 2012. V. 265. P. 54–62.
22. Golyeva A., Khokhlova O., Engovatova A., Koval V., Aleshinskaya A., Kochanova M. et al. The Application of buried soil properties for reconstruction of various stages of early habitation at archaeological sites in Moscow Kremlin // Geosciences. 2018. V. 8. P. 447.
<https://doi.org/10.3390/geosciences8120447>
23. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. International Union of Soil Sciences (IUSS). Vienna, 2022. 236 p.
24. Khokhlova O.S., Makeev A.O., Engovatova A.V., Myakshina T.N. Cultural layers and a paleosol of a Late Medieval settlement as proxies of environmental change and anthropogenic influence—A case study of Tula Kremlin, Russia // Catena. 2022. V. 218. P. 106544.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106544>
25. Neumann K., Strömberg C.A.E., Ball T., Albert R.M., Vrydaghs L., Cummings L.S. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0 // Ann. Bot. 2019. V. 124. P. 189–199.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

Buried Arable Soils and Cultural Layers of Ancient Yaroslavl as a Record of Natural and Anthropogenic Processes

A. A. Golyeva^{a, *}, O. S. Khokhlova^b, and A. V. Engovatova^b

^a*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia*

^b*Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, 142290 Russia*

^c*Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 117292 Russia*

*e-mail: golyevaaa@ya.ru

A comparative analysis of a number of cultural layers of different ages and buried arable horizons was carried out in order to determine the contribution of climatic changes and stages of existence to their properties and characteristics. The chronology of three successively located cultural layers is: 1150 years (cultural layer 3), the beginning of the 13th century (cultural layer 2) and 1220–1238 years (cultural layer 1) reflects a climatic rhythm lasting about 100 years – the period of transition from the climatic optimum to the Little Ice Age. The chronological series of two arable soils is represented by soils plowed in the early Iron Age (III–V centuries AD) and the early Middle Ages (X–XI centuries), that is, the climatic rhythm is about 700–900 years. The morphological, micromorphological, microbiomorphological and basic chemical properties of soils are considered. It is shown that the accumulative sedimentation processes of residential stages of territory formation, being formed under the influence of two processes – natural and anthropogenic, fully reflect both of these processes. And turbation processes characteristic of arable soils neutralize climate dynamics, reflecting only the anthropogenic factor (for example, the application of certain fertilizers, watering fields, etc.).

Keywords: climate dynamics, economic activity, the Middle Ages, soil micromorphology, microbiomorphological complexes, anthracomass