

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

На правах рукописи

КУРБАНОВА ФАТИМА ГАБИБУЛАХОВНА

**ПОЧВЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ КАК ИНДИКАТОРЫ
ДИНАМИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ ВО ВТОРОЙ
ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА**

Специальность 03.02.13 - почвоведение

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук

доцент Макеев Александр Олегович

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДАХ И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА	12
РАЗДЕЛ 1.1. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПЕРИОДИЗАЦИЯ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ГОЛОЦЕНА	14
РАЗДЕЛ 1.2. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА	22
Подраздел 1.2.1. Эволюция почв лесной зоны во второй половине голоцена	22
Подраздел 1.2.2. Эволюция почв лесостепной зоны во второй половине голоцена	24
Подраздел 1.2.3. Эволюция почв степной зоны во второй половине голоцена	27
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
РАЗДЕЛ 2.1. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
РАЗДЕЛ 2.2. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	34
РАЗДЕЛ 2.3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ	35
РАЗДЕЛ 2.4. МИКРОБИОМОРФНЫЕ АНАЛИЗЫ	39
РАЗДЕЛ 2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА ПОЧВ	40
ГЛАВА 3. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ	42
РАЗДЕЛ 3.1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА	42
РАЗДЕЛ 3.2. САРЕЕВСКОЕ ГОРОДИЩЕ «НОЖА-ВАР»	44
Подраздел 3.2.1 Морфологическое описание погребенных и фоновых почв Сареевского городища	44
Подраздел 3.2.2 Микроморфологическое описание почв Сареевского городища	49
Подраздел 3.2.3. Физико-химические свойства погребенных и фоновых почв Сареевского городища	53
Подраздел 3.2.4 Содержание микробиоморфов в почвах Сареевского городища	56
Подраздел 3.2.5. Палеоландшафтная реконструкция почв Сареевского городища	58
Выводы	60
РАЗДЕЛ 3.3 ТАУШКАСИНСКИЙ КУРГАННЫЙ МОГИЛЬНИК	61
Подраздел 3.3.1. Морфологическое описание почв Таушкасинского курганного могильника	62
Подраздел 3.3.2 Микроморфологическое исследование почв Таушкасинского курганного могильника	65
Подраздел 3.3.3 Физико-химические свойства почв Таушкасинского курганного могильника	69
Общие химические свойства почв Таушкасинского курганного могильника	70
Подраздел 3.3.5 Содержание микробиоморфов в почвах Таушкасинского курганного могильника ..	73
Подраздел 3.3.6. Палеоландшафтная реконструкция Таушкасинского курганного могильника	75
Выводы	79
РАЗДЕЛ 3.4 ТОХМЕЕВСКИЙ КУРГАННЫЙ МОГИЛЬНИК	80
Подраздел 3.4.1. Морфологическое описание почв Тохмеевского курганного могильника	81
Подраздел 3.4.2. Микроморфология описание почв Тохмеевского курганного могильника	85

Подраздел 3.4.3. Содержание микробиоморфов в почвах Тохмеевского курганного могильника	91
Подраздел 3.4.4. Палеоландшафтная реконструкция Тохмеевского курганного могильника	93
Выводы	95
ГЛАВА 4. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ	
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ 99	
РАЗДЕЛ 4.1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	99
РАЗДЕЛ 4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ	101
Подраздел 4.2.1. Морфологическое описание почв	101
Подраздел 4.2.2. Микроморфологические исследования почв	104
Подраздел 4.2.3. Физико-химические параметры	110
Подраздел 4.2.4. Содержание микробиоморфов	115
РАЗДЕЛ 4.3. ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ	116
Подраздел 4.3.1. Общие особенности профилей погребенных и фоновых почв	116
Подраздел 4.3.2. Различия в развитии профилей погребенных и фоновых почв	118
Подраздел 4.3.3. Палеоландшафтная реконструкция на основе интерпретации почвенных свойств	120
Выводы	124
ГЛАВА 5. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ	
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ 126	
РАЗДЕЛ 5.1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ	126
РАЗДЕЛ 5.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ	131
Подраздел 5.2.1. Морфологическое описание почв городища Борисовка	131
Подраздел 5.2.2 Микроморфологическое описание почв городища Борисовка	134
Подраздел 5.2.3 Физико-химические свойства почв городища Борисовка	139
Подраздел 5.2.4 Содержание микробиоморфов в почвах городища Борисовка	142
РАЗДЕЛ 5.3 РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДИЩА БОРИСОВКА	143
Выводы	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	150
ВЫВОДЫ	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	152

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Археологические памятники голоценового возраста широко распространены в различных природных зонах Русской равнины и хорошо документированы с позиции археологии. Погребенные почвы археологических памятников экранированы насыпью от воздействия современного почвообразования. В своих свойствах они содержат сведения о процессах древнего почвообразования, отражающих условия природной среды до своего погребения. Таким образом, эти почвы являются важным архивом, позволяющим получить детальную картину эволюции природной среды.

На протяжении длительного времени широкий круг ученых занимается проблемой изучения погребённых почв с целью реконструкции природных ритмов голоцена (Герасимов 1983; Демкин, 2013; Дергачева, 2003; Геннадиев, 1990; Лисецкий, 2016; Сычева, 2006, 2011; Таргульян, 2005; Хохлова, 2018, 2019; Иванов, 1992). Проведение голоценовых палеоклиматических реконструкций на основе изучения свойств палеопочв также широко распространено в мировой практике (Altermann, 2005; Arnaud et al., 2019; Barczy, 2006, 2009; Dreibrodt et al., 2010; Ehwald et al., 1999; Eckmeier, 2012; Fischer-Zujkov et al., 1999; Gehrt et al., 1999; Gerlach et al., 2012; Hejzman et al., 2013; Kabala et al., 2019; Kühn et al., 2017; Nykamp et al., 2020; Schalich, 1988).

Климатические тренды, выявленные на основе изучения погребенных почв для второй половины голоцена, противоречивы и нуждаются в уточнении. Особенно дискуссионной является реконструкция стадий эволюции почв в зоне широколиственных лесов (Александровский, 1985, 2005, 2015) и граничащей с ней лесостепной зоне (Ахтырцев, 1990, 1992, 1994; Чендев, Чендев, 2000, 2004, 2016, 2017).

В связи с этим изучение по единой методике почв археологических памятников разного времени и в разных природных зонах позволит выявить не только временную, но и зональную картину в различные временные срезы. Кроме того, в последние годы, в связи с появлением новых методов анализа почв возникла необходимость переосмысления ранее накопленных данных и применения новых подходов к изучению погребенных почв.

Цель работы – на основе изучения свойств погребенных почв археологических памятников выявить динамику природной среды центра Русской равнины во второй половине голоцена (в зоне широколиственных лесов, а также в северной, центральной и южной частях лесостепной зоны). Для этого были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить свойства почв, характеризующие пространственно-временную динамику природной среды.

2. На основе интерпретации почвенных свойств и микробиоморфных данных нескольких хронорядов в лесной зоне провести палеоландшафтную реконструкцию во временном интервале эпоха бронзы – ранний железный век – современность.

4. Изучить шесть детальных хронорядов на археологических памятниках раннего железного века в центральной и южной части лесостепной зоны

5. Уточнить положение границ лесной и лесостепной зон во второй половине голоцена на основе почвенных свойств и микробиоморфных данных.

6. Установить соответствие почвенных свойств как индикаторов природной среды с другими палеогеографическими индикаторами (микробиоморфными, изотопными), и другими архивами (болотными, делювиально-флювиальными).

Научная новизна. На основе изучения свойств почв по единой методике для лесной, центральной и южной части лесостепной зон получена непротиворечивая картина ландшафтных изменений, согласующаяся с палеогеографическими индикаторами:

- Показано, что лесные условия на южном фланге лесной зоны существовали не позднее суббореала
- Установлена возможность формирования темноцветных гумусовых горизонтов под пологом широколиственных лесов
- В лесостепной зоне выявлена детальная картина чередования гумидных и аридных стадий эволюции ландшафтов во второй половине голоцена

Теоретическая значимость работы. Изучение почв, погребённых под геoarхеологическими объектами, позволяет реконструировать историю развития самих почв, а также климата, растительности и других факторов педогенеза за последние 12-14 тысяч лет (Память почвы, 2008). Прочтение в свойствах погребенных почв записей о факторах почвообразования в прошлом имеет большое фундаментальное значение, охватывая проблемы генетического почвоведения, палеогеографии, палеопочвоведения, археологии и других смежных дисциплин. Реконструкции былых ландшафтных обстановок имеют большое значение и потому, что миграции древних этносов и смена хозяйственной деятельности различных групп населения связаны с нарушениями привычной обстановки, обусловленной природно-климатическими изменениями.

Практическая значимость. Анализ изменений климата и ландшафтов, происходивших на протяжении голоцена, данные о периодичности и длительности климатических колебаний особенно актуальны в современных условиях глобальных изменений климата. Ретроспективный анализ является основой для разработки прогнозных сценариев климатических изменений.

Объекты и методы исследования. Основным подходом является метод почвенных хронорядов, когда на относительно небольшом расстоянии и в близких ландшафтных позициях сравниваются погребенные почвы в разное время и фоновые, современные почвы.

В лесной зоне в республике Чувашии было изучено три археологических памятника, находящихся недалеко друг от друга, два кургана Бронзового века и фортификационный вал Раннего Железного Века (РЖВ). В лесостепной зоне были изучены 6 оборонительных валов, приуроченных городищам РЖВ, пять в Липецкой области и один в Белгородской. Для выбора опорной фоновой почвы были проведены рекогносцировочные исследования, около каждого объекта было заложено ~10 прикопок для минимизации фактора природной variability.

Морфологические характеристики фоновых и погребенных почв были рассмотрены на макро-, мезо- и микроуровнях. В связи с полигенетичностью исследуемых почв и все разрезы были описаны по международной системе почвенной классификации для диагностики почв WRB – 2015.

Для детальной характеристики изменения почв был выполнен широкий спектр физико-химических анализов. Для реконструкции палеоландшафтов были задействованы микробиоморфные анализы (спорово-пыльцевой и фитоолитный). Все объекты датированы археологическими методами. Абсолютное датирование проводилось радиоуглеродным методом (AMS и бетта-распадная методика).

Личный вклад соискателя. Автором в составе 16 комплексных почвенно-археологических экспедиций лично проводились морфологическое описание, полевая диагностика почв, отбор проб, макро- и мезосъемка. Автор самостоятельно проводила подготовку проб к разным видам анализа, определение гранулометрического состава почв, группового и фракционного состава гумуса, магнитной восприимчивости. Автором были проанализированы и описаны полученные данные, проведены микроморфологические исследования, составлены карты, иллюстрации и таблицы, проведен анализ литературных источников.

Защищаемые положения:

1. Исследуемые почвы проходили различные этапы эволюции в голоцене. Так, гумидная фаза педогенеза установлена по наличию кутанного комплекса, деградации темноцветного гумусового горизонта, появлению отбеленных песчано-пылеватых зёрен и опусканию уровня залегания карбонатов. Степная фаза почвообразования выражена в формировании темноцветного гумусово-аккумулятивного горизонта, разнообразных формах карбонатных новообразований и наличии кротовин.

2. До конца атлантического периода степи заходили в пределы современной лесостепи, что приводило к формированию почв черноземного облика. На юге лесной зоны в это время господствовали широколиственные леса с широким участием трав, под пологом которых формировались почвы с темноцветными гумусовыми горизонтами.

3. В суббореале южная граница лесной и лесостепной зон занимает положение близкое к современному. В центральной и южной лесостепи происходит деградация темноцветного гумусового горизонта, появляются отмытые песчано-пылеватые зерна в его нижней части. На юге лесной зоны деградация темноцветных гумусовых горизонтов наблюдается уже в погребенных почвах эпохи бронзы (~5600 л.н.) и завершается до раннего железного века (~2000 л.н.). Как в лесостепи, так и в зоне широколиственных лесов почвы, близкие современным, формировались уже с начала субатлантического периода.

4. В центральной лесостепи выявлены аридные фазы ~2500 и 1500 лет назад (малый климатический оптимум), которые характеризуются повышением уровня карбонатов и проградацией темноцветного гумусового горизонта.

Степень достоверности и апробация работы. Диссертационная работа основана на обработке большого фактического материала, собранного во время полевых и камеральных исследований (около 15 химических определений в более, чем 500 образцах). Всего в работу вошли 16 полнопрофильных разрезов. Результаты работы обсуждались на 7 российских и 20 зарубежных конференциях: V Всероссийская конференция с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» (к 100-летию Л. Г. Динесмана) (Москва, 2019), 20th Congress of the International Union for Quaternary Research (INQUA), (Дублин, Ирландия, 2019), European Geosciences Union General Assembly, (Вена, Австрия, 2017-2019), III Молодежная конференция «Почвоведение: Горизонты будущего» Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, 2019), The Second international young scientists forum on soil and water conversation and Ice Symposium 2018 «Climate Change Impacts on Sediment Dynamics: Measurement, Modelling and Management», МГУ им. М.В.Ломоносова (Москва, 2018), 21st World Congress of Soil Science “Soil Science: beyond food and fuel” (Рио-де-Жанейро, Бразилия, 2018), 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, (Албена, Болгария, 2017-2018), International Geochronology Swiss Summer School (Клостерс, Швейцария, 2017).

По теме диссертации опубликовано 34 печатные работы, в том числе, 13 в журналах, индексируемых Scopus, WoS, три в журналах, индексируемых RSCI, пять статей в сборниках материалов конференций и 13 тезисов докладов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения. Материал изложен на 212 страницах, включает 59 рисунков, 3

таблицы и приложение на 45 страницах. Список литературы состоит из 185 наименований, в том числе 76 на иностранных языках.

Благодарности.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.б.н. Макееву А.О. за всестороннюю помощь при выполнении данной диссертационной работы, к.г.н. Пузанову Т.А., д.г.н. Хохлову О.С, Русакова А.В., к.г.н. Асееву Е.Н. за неоценимую помощь в полевых работах и интерпретации полевых и аналитических данных, Папкину А.Э., Сорокину К.И. за помощь в проведении полевых и аналитических работ, Куста П.Г., д. с-х. н. Лебедеву М.П. за помощь в проведении микроморфологических исследований, Гольеву А.А. за проведение фитолитного анализа, Козмирчука И.А. и Михайлова Е.П. за помощь в проведении почвенно-археологических экспедиций, Терскую Е.В. и Розанову М.С. за личную помощь в проведении аналитических работ. Автор благодарен своей семье и друзьям за терпение и поддержку в ходе работы над диссертацией.

Список публикаций по теме диссертации

Научные статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в Scopus, Web of Science

1. Makeev A., Rusakov A., **Kurbanova F.**, Khokhlova O., Kust P., Lebedeva V., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the Holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian Plain. Quaternary International, pages 1–22, 2020. IF – 2,190 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015>
2. Makeev A., Rusakov A., Khokhlova O., Kust P., Mikhaylova D., Aseyeva E., **Kurbanova F.**, Rusakova E., Mihailov E. Dataset on spatial variability of soil properties: Tokhmeyevo archaeological site of the bronze age, Chuvashia (southern fringe of the forest zone, the Russian Plain). Data in Brief, 2020. IF – 1,5 <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2020.106489>
3. Aseyeva E.N., Makeev A.O., **Kurbanova F.G.**, Kust P.G., Rusakov A.V., Khokhlova O.S., Mikhailov E.P., Puzanova T.A. Paleolandscape Reconstruction Based on the Study of a Buried Soil of the Bronze Age in the Broadleaf Forest Area of the Russian Plain, GEOSCIENCES, 9(3):1–27, 2019. IF – 2,1 <https://doi.org/10.3390/geosciences9030111>
4. Golyeva A.A., Khokhlova O.S., Engovatova A.V., Koval V., Aleshinskaya A.S., Kochanova M.D., Makeev A.O., Puzanova T.A., **Kurbanova F.G.** The Application of Buried Soil Properties for Reconstruction of Various Stages of Early Habitation at Archaeological Sites in Moscow Kremlin. Geosciences 2018, 8(12), 447. IF – 2,1 <https://doi.org/10.3390/geosciences8120447>
5. Chernov T.I., **Kurbanova F.G.**, Kutovaya O.V., Zhelezova A.D. Microbial DNA analyses of soils buried under earthworks. 18th international multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018.

- Conference proceedings, 2018, том 18, № 5.2, с. 641-648. IF – 0,232
<http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/5.2>
6. Rusakov A.V., Makeev A.O., Khokhlova O.S., Kust P.G., Lebedeva M.P., Chernov T.I., Golyeva A.A., Popov A., **Kurbanova F.G.**, Puzanova T.A. Paleoenviromental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. Quaternary International, Pergamon Press Ltd. (United Kingdom), 2018, с. 1-22. IF – 2,190
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016>
 7. **Kurbanova Fatima**, Makeev Alexander, Puzanova Tatiana, Kust Pavel, Chernov Timofey. 2018. "Soil Indicators of Late Holocene Forest-Steppe Landscape Evolution on the Russian Plain." In 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 487–94. IF – 0,232
doi:10.5593/sgem2018/3.2/S13.064.
 8. Makeev A.O., Aseyeva E.N., Rusakov A.V., Sorokina K.I., Puzanova T.A., Khokhlova O.S., Kust P.G., **Kurbanova F.G.**, Chernov T.I., Kutovaya O.V., Lebedeva M.P., Mihailov E.P. The environment of the Early Iron Age at the southern fringe of the forest zone of the Russian Plain. Quaternary International, Pergamon Press Ltd. (United Kingdom), 2018 с. 1-20. IF – 2,190
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.04.002>
 9. Чернов Т.И., Железова А.Д., Кутовая О.В., Макеев А.О., Тхакахова А.К., Бгажба Н.А., **Курбанова Ф.Г.**, Русаков А.В., Пузанова Т.А., Хохлова О.С. Сравнительная оценка структуры микробиомов погребенных и современных почв при помощи анализа микробной ДНК. Микробиология, издательство Академиздатцентр "Наука" (Москва), 2018, том 87, № 6, с. 737-746. IF – 1,973
<http://dx.doi.org/10.1134/S0026365618060071>
 10. Puzanova T.A., Aseeva E.N., Lebedeva M.P., **Kurbanova F.G.**, Chernov T.I. The methods of research of buried soils under archaeological sites. Proceedings of 18 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018, Soils, Forest ecosystems, Marine and Ocean Ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2018, том 16, с. 611-619. IF – 0,232
doi:10.5593/sgem2018/5.2/S20.032
 11. Prikhodko V., Puzanova T., Tregub T., Berezutskiy V., **Kurbanova F.** Complex paleoecological research of buried soils and reconstruction of the bronze age in the East European Plain and adjacent area, 18th international multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, том 20, 2018, с. 243-251. IF – 0,232
<http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/2.3/s11.044>
 12. Puzanova T.A., Makeev A.O., Khokhlova O.S., Aseeva E.N., **Kurbanova F.G.** Holocene signals of climate dynamics in the profiles of soils buried under archaeological objects in the central part of the East European Plain. Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017, Soils, Forest ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2017, том 17, с. 273-281. IF – 0,211
<http://dx.doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.036>

13. Aseeva E.N., Makeev A.O., Rusakov A.V., Sorokina K.I., **Kurbanova F.G.** The use of geochemical parameters to derive information on paleo-environmental conditions from buried soils of an archaeological site. Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017, Soils, Forest ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2017, том 17, с. 671-678. IF – 0,211 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.087>

Научные статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в RSCI

14. О. С. Хохлова, А. Э. Папкина, А. А. Хохлов, Т. А. Пузанова, **Ф. Г. Курбанова**. Палеопочвенные исследования курганного могильника Красиковский в Оренбургской области. Археологические памятники Оренбуржья. Выпуск 14, volume 14, pages 49–59. ОГПУ Оренбург, 2019 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37612012>
15. Гольева А.А., Хохлова О.С., Энговатова А.В., Коваль В.Ю., Алешинская А.С., Кочанова М.Б., Макеев А.О., Пузанова Т.А., **Курбанова Ф.Г.** Исследование древних почв восточной части Московского Кремля. Археология Подмосковья: Материалы научного семинара, серия Выпуск 15, место издания Институт Археологии РАН Москва, 2019, с. 29-43 <https://dx.doi.org/10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-272-8.29-42>
16. Папкина А.Э., **Курбанова Ф.Г.**, Пузанова Т.А., Хохлова О.С. Эволюция почв Южного Предуралья в эпоху ранней бронзы на основе геоархеологических данных (на примере могильника «Красиковский I» в Оренбургской области. Материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции с международным участием «ПАЛЕОПОЧВЫ, ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ, ПАЛЕОЭКОНОМИКА», Товарищество научных изданий КМК Пушкино, 2017, с. 141-145 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29123633>

Научные статьи, опубликованные в прочих журналах и сборниках

17. **Ф. Г. Курбанова**, А. О. Макеев, Т. А. Пузанова, Е. Н. Асеева, П. Г. Куст, О. С. Хохлова. Динамика ландшафтов центра Восточно-Европейской равнины в голоцене на основе изучения палеопочв. Динамика экосистем в голоцене (к 100-летию Л. Г. Динесмана): сборник материалов V Всероссийской конференции с международным участием [отв. ред. А.Б. Савинецкий], Медиа-ПРЕСС Москва, 2019, с. 182-184
18. А. О. Макеев, А. В. Русаков, **Ф. Г. Курбанова**, О. С. Хохлова, П. Г. Куст, Е. А. Денисова. Позднеголоценовая динамика природной среды на южном фланге лесной зоны Русской равнины по данным геоархеологических архивов. Динамика экосистем в голоцене. Материалы V Всероссийской конференции с международным участием (отв. ред. А.Б.Савинецкий), Медиа-ПРЕСС Москва, 2019, с. 212–215.
19. А. В. Русаков, А. О. Макеев, **Ф. Г. Курбанова**, Е. А. Денисова, А. И. Попов, М. Е. Федорова, В. С. Тимофеев. Позднеголоценовая динамика ландшафтов лесостепной зоны Русской

равнины на основе изучения почв хронорядов (Скифское городище Борисовка, Белгородская область). Динамика экосистем в голоцене (к 100-летию Л. Г. Динесмана): сборник материалов V Всероссийской конференции с международным участием [отв. ред. А.Б. Савинецкий], Медиа-ПРЕСС Москва, 2019. с. 280–283.

20. Rusakov A., Makeev A., **Kurbanova F.**, Denisova E., Popov A., Fedorova M., Timofeev V. Late Holocene landscape dynamic in the forest-steppe area of the Russian Plain based on the study of soil chronosequence (the Borisovka Scythian settlement). Ponto-Caspian stratigraphy and geochronology. Proceeding of Third plenary meeting and field trip of INQUA IFG 1709F POCAS, Tehran and Guilan Province, I.R. Iran, 11-18 October 2019
21. Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Merzliakova A., **Kurbanova F.**, Puzanova T. Soils of Scythian settlements as paleoenvironmental archive in the area of Late Holocene migration pathways in the East European steppe. IGCP 610 Fourth Plenary Conference and Field Trip “From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary”, Tbilisi, Georgia. Proceedings / Ed.: A. Gilbert, V. Yanko-Hombach, Georgian National Academy of Science Tbilisi, 2016, с. 141-144

Тезисы

Опубликовано 13 тезисов, полный список которых имеется на странице соискателя в ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/workers/10260056/>

ГЛАВА 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДАХ И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА

Современный почвенный покров Восточно-Европейской равнины в большинстве случаев составляют позднеголоценовые почвы. Климатические изменения являются основным фактором эволюции природной среды для голоценового периода, при этом они различаются по продолжительности и интенсивности. Поскольку в течение голоцена происходили флуктуации климата, то почвы являются полигенетичными (Память почв, 2008).

Эволюция почв в голоцене протекала не только под влиянием однонаправленных длительных климатических трендов, но и также под влиянием серий ритмических флуктуаций (Sycheva, 2006; Память почв, 2008). Особенностью изучения погребенных почв в разных биоклиматических зонах является разное характерное время для формирования почвенных профилей и признаков. Так, например, почвы лесной зоны с консервативными почвенными свойствами, позволяют делать выводы о продолжительных трендах эволюции природной среды, в то время как почвы сухостепной зоны отличаются быстрой рефлексорностью и способностью отражать кратковременные климатические флуктуации. Длительная эволюция природной среды, ритм длительностью около 1700–2000 лет (по калиброванной шкале – 2200–2400 лет) хорошо отражается в изменчивости различных природных процессов и явлений (Сычева, 2011).

Палеопочвенный метод исследования занимает важное место в системе методов палеогеографических реконструкций древних ландшафтов, основой которого являются Докучаевские представления: субстантивно-генетическая концепция почвы и почвенного покрова, концепция факторов почвообразования и почвенной зональности. Особая роль палеопочв в правильной интерпретации развития и динамики природной среды объясняется способностью их к «зеркальному» отражению факторов географической среды. Такое свойство почвы, как «почва-память» обуславливает способность почвенной системы записывать в устойчивых свойствах информацию об условиях формирования и дальнейшего изменения во времени. Память почвы относится к палимпсестовому типу записи внешней среды (Методы палеогеографической реконструкций, 2010; Герасимов, 1983; Соколов, Таргульян, 1976; Таргульян, 2005, 2008; Геннадиев, 1990). Носителями почвенной памяти являются любые элементы строения почв на всех иерархических морфологических уровнях их организации вплоть до почвенного покрова. Информация об условиях образования процессов почв записывается в свойствах компонентов твердой фазы, в том числе в минералогическом, гранулометрическом, химическом составах (Таргульян, Бронникова, 2019).

Как известно, почвы являются едва ли не единственным природным образованием, интегрально отражающим в виде определенных свойств и признаков климатические,

литологические, геоморфологические, геохимические, биологические, гидрологические и многие другие условия их формирования и развития. Оказываясь *in situ* в погребенном («законсервированном») состоянии погребенные палеопочвы до настоящего времени сохраняют «палеоэкологическую память» (Демкин с соавт., 2013). Изучение погребенных почв под археологическими объектами позволяет реконструировать историю самих почв, а также климата, растительности и других факторов педогенеза за последние 12-14 тысяч лет (Память почв, 2008). Существует большое количество археологических памятников, но в данной работе мы рассматриваем только почвы, погребенные под оборонительными валами и курганами.

Оборонительные валы, приуроченные к городищам, сооружались преимущественно на выступающих позициях рельефа. Более того, практически все укрепленные городища являются мысовыми. В геоморфологическом отношении городищенский мыс является полигенетической формой рельефа, которая состоит из мыса, заключенного между двумя оврагами либо между оврагом и главной рекой, и выровненного субгоризонтального поселения (рисунок 1.1). Само городище с внутренней стороны мыса обрамляется насыпным валом (положительная форма рельефа) и рвом (отрицательная форма рельефа). В современном виде валы и рвы являются реликтами оборонительных сооружений городищ раннего железного века и раннего средневековья (Хисяметдинова, Чижевский, 2018).

В отечественную научную литературу археологические памятники с насыпью над погребениями вошли под названием «курганы». Традиция курганного погребального обряда сохранялась у степного населения бронзового (III–II тыс. до н. э.), раннежелезного (I тыс. до н. э. – IV в. н. э.) веков, раннего и развитого этапов средневековья (V–XIV вв. н. э.). Для перечисленных исторических эпох существующая хронология дает возможность определить время сооружения того или иного памятника с точностью от 300 до 30 лет (Демкин, 2013, Папкина с соавт., 2019). В пределах отдельного курганного могильника, куда, как правило, входят разновозрастные памятники, можно исследовать достаточно длительный (до 6000 лет) и дробный погребенный педохроноряд, включающий палеопочвы целой серии временных срезов, нередко до пяти-шести и более. Эффективность таких исследований в решении задач голоценовой эволюции биосферы и ее отдельных компонентов оказывается чрезвычайно высокой, что объясняется прежде всего спецификой объекта изучения (Демкин, 2013).



Рисунок 1.1. а – Курган Раннего Железного Века в Оренбургской области, б - план оборонительного вала Раннего Железного Века в Липецкой области.

Раздел 1.1. Климатическая характеристика и периодизация второй половины голоцена

В 2018 году Международная комиссия по стратиграфии (ICS) предложила разделить голоцен на три части. Начало голоцена и Гренландского яруса выделяется с 11700 л.н., далее следует Северогриппианский ярус начиная с 8200 по 5700 л.н. Период с 4200 л.н. по настоящее время получил название Мегхалайский в честь спелеотем, обнаруженных в пещерном комплексе в штате Мегхалая (International Union of Geological sciences, 2018).

Однако, основные климатические построения всё же базируются на схеме Блитта-Сернандера — последовательности климатических периодов Северной Европы позднего плейстоцена и голоцена, основанной на исследованиях торфяных болот (История климата, 1979). Согласно этой схеме, все поздне- и послеледниковое время разделялось на периоды (от раннего к позднему) прохладный и влажный субарктический, или пребореальный, сухой бореальный, теплый и влажный атлантический, сухой суббореальный и, наконец, влажный субатлантический. Нейштадт в 1957 году предложил другую схему деления голоцена на 4 периода с другими временными границами. Как видно из таблицы 1.1, мнение авторов о периодизации голоцена сходится только в том, что начиная с 2700 л.н. в субатлантическом периоде произошло похолодание и увлажнение климата. Климатические реконструкции, предложенные для суббореального, субатлантического и других периодов довольно сильно расходятся в схемах.

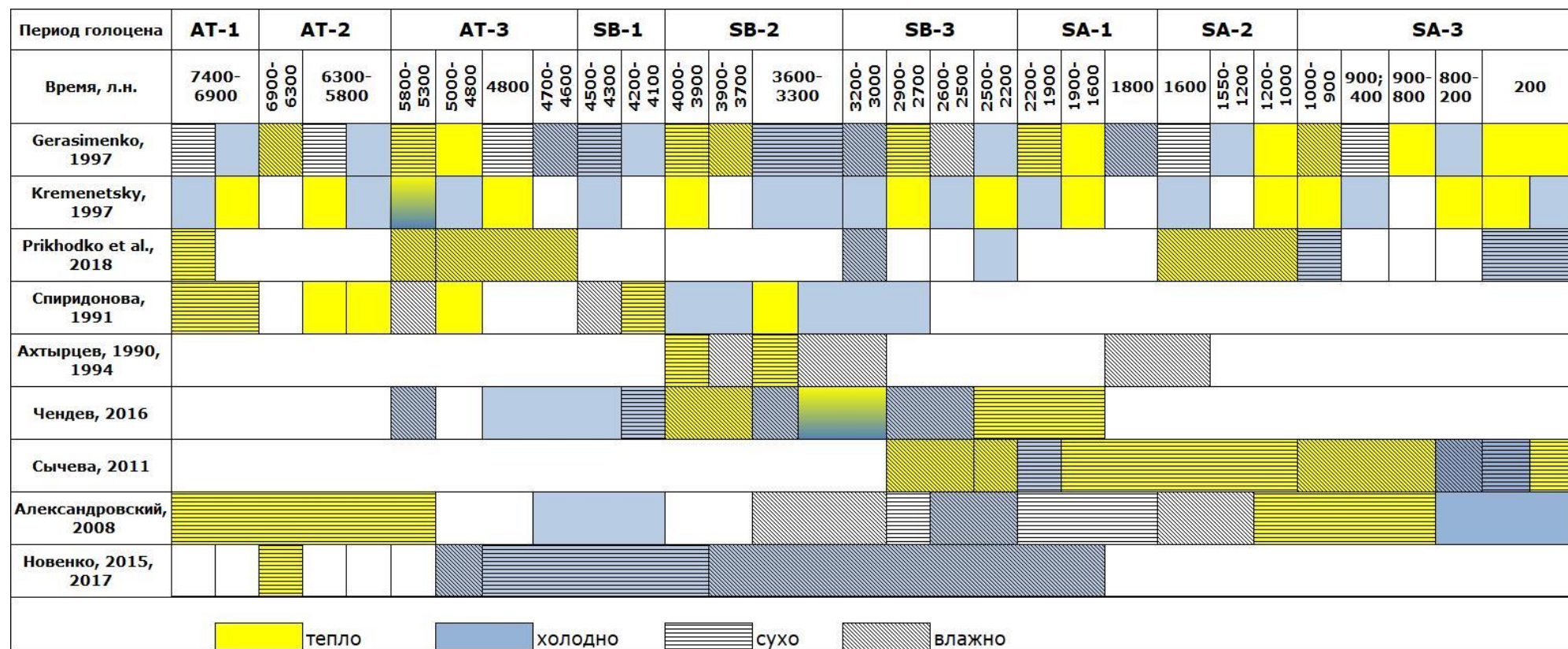
Таблица 1.1 Периодизация голоцена

Л.н.**	Схема	Блитта-Сернандера, (модифицированная), 1829	Нейштадт, 1957*	Герасимов, Марков, 1939	Хотинский, 1977
2700	Субатлантический SA	Прохладный, влажный	N14 3200 л.н.** прохладный	Прохладный, влажный	Прохладный, влажный
5000	Суббореальный SB	Теплый, сухой		Прохладный, переход к влажному	Теплый, сухой, два похолодания
8000	Атлантический AT	Теплый, влажный	N13 Термический максимум	Термический максимум, сухо	Теплый, периодически сухой
9500	Бореальный BO	Умеренно-теплый	N12 10000 л.н. потепление	Прохладный	Умеренно-теплый, сухой
10300	Пребореальный PB	Прохладный, сухой		Потепление (широколиств.)	Переяславское потепление
11000	Поздний дриас	Холодный	N11 12000 л.н.	Холодный (лесотундра)	Холодный
12000	Аллеред	Потепление			Потепление

Картина еще больше усложняется, если сопоставить исследования разных авторов за последние 30 лет (Таблица 1.2). Большинство реконструкций произведены на основании спорово-пыльцевого метода (Gerasimenko, 1997; Kremenetsky et al., 1998, Prikhodko et al., 2018; Спиридонова, 1991), в то время как другие авторы брали за основу палеопочвенные данные (Ахтырцев, Ахтырцев, 1990, 1994; Чендев, 2016; Сычева, 2011; Память почв, 2008; Лисецкий, 2016). Реконструкции для некоторых периодов совпадают и являются уже утвердившимися, но климатические характеристики большей части временных интервалов интерпретируются по-разному.¹

¹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Prikhodko V., Puzanova T., Tregub T., Berezutskiy V., Kurbanova F. Complex paleoecological research of buried soils and reconstruction of the bronze age in the East European Plain and adjacent area, 18th international multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, том 20, 2018, с. 243-251. IF – 0,232 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/2.3/s11.044> Личный вклад автора составляет 20%;

Таблица 1.2 Палеоклиматическая реконструкция для второй половины голоцена



Далее будет рассмотрена подробная периодизация голоцена на основе литературных данных начиная с атлантического периода. При переходе от бореального периода к атлантическому произошло резкое повышение зимних температур воздуха, похолодание и аридизация климата (Чичагова, 1985). В конце бореального периода (8300-8000) усилились похолодание и аридизация климата (Спиридонова, 1991; Чендев, 2004; Prikhodko et al., 2018).

Атлантический период на территории Среднерусской возвышенности ознаменовался преобладанием степных участков, несмотря на динамику биоклиматических обстановок (Спиридонова, 1991; Климанов, Серебрянная, 1986). Для бореальной и суббореальной областей Восточно-Европейской равнины этот период характеризуется как термический максимум и преобладание засушливых климатических условий (Александровский, 2002).

В лесной и степной зонах Восточно-Европейской равнины интервал 7200-7100 л.н. был периодом сильной аридизации климата (Чендев, 2004; Спиридонова, 1991). После этого климатические условия стали более благоприятными, но оставались аридными. При этом, северная граница лесостепи была стабильной и не сдвигалась на юг (Чендев, 2004; Спиридонова, Алешинская, 1999). Около 6750 кал. л.н. было отмечено небольшое похолодание, но в целом температуры относительно высокие, реконструированное среднегодовое количество осадков составило 550 мм (Новенко, 2016). В период с 6500 до 6200 л.н. климат становился менее аридным и более оптимальным по температуре и увлажнению. В это время в северной части современной лесостепной зоны доминировали лесостепные ландшафты, а южнее была распространена степная растительность (Чендев, 2004; Спиридонова, 1991).

Во второй этап атлантического периода (АТ2 – 6900-5800 л.н.) в Орловской области для растительного покрова было характерно сочетание сосновых лесов и луговых сообществ, температуры были на 1,5-2°C выше, чем в настоящее время (Новенко, 2016). В период 6500-4500 кал. л.н. граница лесной области находилась на 50-70 км севернее ее современного положения (Новенко, 2017). Палинологические данные (Шпуль, Нестерова, 1991) свидетельствуют о том, что 6100 л.н. появилась тенденция обезлесивания речных долин вследствие аридизации климата до начала суббореального периода (Спиридонова, 1991; Чендев, 1999).

На территории центрального Черноземья в течение атлантического периода повышение температуры и влажности способствовало доминированию широколиственных лесов, и постепенно их площадь расширялась, а структура усложнялась, они превращались в многоярусные дубовые леса с липой, ясенем и кленом. Поздняя Атлантика (термический максимум Голоцена) характеризовалась развитием дубовых рощ с буком и грабом. Переход от атлантического к суббореальному периоду был зафиксирован как сухой и прохладный период с резким сокращением широколиственных видов и появлением галофитов в Черноземном регионе

(Prikhodko et al., 2018). Более влажный период наступил 5600-5100 л.н. и характеризовался появлением лесов в современной лесостепной зоне (Спиридонова, 1991).

Согласно существующим представлениям, в бронзовом веке (5500 – 3200 л.н.) климатические условия на территории восточноевропейских степей и лесостепей были более засушливыми по сравнению с условиями раннего железного века и современного периода (Александровский, 1988; Геннадиев, 1990; Иванов с соавт., 1986). Палеопочвенные (Чендев, Александровский, 2002), а также палинологические (Климанов, Серебрянная, 1986) реконструкции показали, что водоразделы южной лесостепи в это время представляли собой открытые степные пространства. Таким образом, в бронзовом веке на территории южной лесостепи господствовали степные ландшафты, а леса были приурочены к самым низким элементам рельефа (Чендев, 2005).

Среднеатлантический период характеризуется оптимальным соотношением тепла и влаги, о чем свидетельствуют дубовые леса сложного состава к югу от Воронежской области и максимальное обилие пыльцы теплолюбивых лип в лесостепных палиноспектрах (Prikhodko et al., 2018). Переход к суббореальному климату голоцена (4800-4300 л.н.) характеризовался направленным похолоданием климата, которое привело к максимальному сдвигу природных зон к югу. В результате граница таежной зоны продвинулась на смешанные леса, а широколиственные леса надвинулись на степи (Чендев, 2005; Спиридонова, Алешинская, 1999). В суббореальном периоде (4500-2500 л.н.) происходили более сложные, контрастные временные изменения в лесостепных ландшафтах юга Русской равнины (Спиридонова, 1991).

В начале суббореального периода произошло максимальное продвижение лесной растительности на юг (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994). В первой половине суббореального периода (SB-1 (~4500-4100 л.н.)) сокращалось распространение широколиственных лесов и увеличивалась доля березовых и сосновых пород, вызванные похолоданием, которое отмечалось на протяжении умеренного пояса Евразии (Хотинский, 1977; Александровский, 1983). Засушливая и прохладная стадия установлена по пыльцевому составу пойменных отложений в Воронежской области в конце атлантического периода (4600 л.н.) (Prikhodko et al., 2018; Чендев, 2005; Шпуль, Нестерова, 1991). Фаза повышенного обезлесивания на юге Белгородской области также наблюдалась в начале суббореального периода голоцена (ранее 4600 л.н.), лесные участки сохранились только в балках (Чендев с соавт., 2016). На территории современной южной границы широколиственных лесов около 4500 кал. л. н. похолодание и увлажнение климата привело к увеличению площади лесов и продвижению границы леса к югу (Новенко, 2017). Заклучая утверждения разных авторов, можно сделать вывод о том, что в первом этапе суббореального периода глобальный климатический тренд характеризовался холодными

условиями на территории Восточно-Европейской равнины, который различался степенью увлажненности в разных биоклиматических зонах.

Период с 4170 ± 100 л.н. по 3970 ± 160 л.н. по данным Е.А. Спиридоновой (1991) ознаменовался как наиболее засушливая стадия в течение всего голоцена, которая ослаблялась по направлению к северным зонам Русской равнины. В современной лесостепной зоне аридизация привела к деградации лесов и доминированию степных ландшафтов, в то время как на юго-востоке Центрально-Черноземной зоны возникли полупустыни (Чендев, 2005; Спиридонова, 1991). Засушливая и холодная эпоха в период с 4300 (4200) по 4000 (3900) л.н. была характерна не только для лесостепных территорий, но и для степных и полупустынных зон (Чендев, 2005; Демкин с соавт., 2013). Во время потепления и засухи в фазу SB-2 (4000-3300 л.н.) границы ландшафтных зон сместились к северу (Александровский, 1983). Следующий этап суббореального периода (3970-3550 л.н.) характеризовался сменой разнотравно-злаковых степей на лесостепные ландшафты с преобладанием мелко- и широколиственных пород (Спиридонова, 1991).

В степной зоне в это время катастрофическая аридизация климата обусловила смещение природных зон на юго-востоке Русской равнины к северу (северо-западу) с наступлением полупустыни (северной пустыни) на степь (Демкин с соавт., 2013). Но уже в начале II тысячелетия до н.э. (4000 л.н.) количество атмосферных осадков в лесостепных и степных регионах увеличилось (Демкин с соавт., 2013; Спиридонова, 1991). Велика вероятность холодных условий, которые обусловили криогенез в период с 4700 по 4200 л.н. (Величко с соавт., 1997). Впервые в голоцене в период с 4000 л.н. по 3700 л.н. в эпоху сильного увлажнения начали формироваться болотные экосистемы на территории Курской и Белгородской областей. На территории Воронежской области также подтверждается засушливость климата до 4000 л.н., которая сменилась этапом увлажнения (Чендев, 2005). В Орловской и Курской областях в это время территорию начали занимать дубравы, которые положили начало формированию широколиственных лесов (Серебрянная, 1976). 4200-3900 л.н. произошла резкая аридизация климата, которая привела к формированию южных степей на территории центральной лесостепи, а в промежутке 3900-3500 л.н. злаково-разнотравные степи сменились лесостепными ландшафтами (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994).

К концу суббореального периода 3700-3500 л.н. происходили климатические флуктуации увлажненности климата (Чендев, 1999). 3400 л.н. на территории южной лесостепи произошла кратковременная аридизация, которая привела к сокращению площадей лесов и временному проникновению степной растительности (Чендев, 2005; Спиридонова, 1991; Ахтырцев, Ахтырцев, 1994). Новый этап похолодания и увлажнения относится к третьему этапу

суббореального периода (Александровский, 1983).

В период с 3400 по 2900 л.н. условия сменились на более влажные с лесостепь вновь заняла свои позиции (Спиридонова, 1991; Ахтырцев, Ахтырцев, 1994), ближе к периоду 2900-2500 л.н. стала возрастать доля разнотравно-злаковой растительности (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994). В I тысячелетии до н.э. на смену сухому соббореалу приходит более холодная и влажная субатлантика. На территории Орловской области вытесняя степь продвигаются широколиственные, затем хвойные леса. Границы распространения степи, лесостепи и лесной полосы становятся близкими к современным (Краснощекова, Красницкий, 2006).

В течение временного интервала 2900-1500 кал. л.н. сокращение процентного содержания пыльцы широколиственных пород, в первую очередь дуба, вяза и лещины свидетельствует о том, что климат стал более влажным и прохладным. Среднегодовая температура снизилась до 4°C (Новенко с соавт., 2014). В степной зоне 3-2,5 тыс. л.н. климатические условия были близки к современной эпохе (Иванов, 1992). Черноземы в течение поздних фаз суббореала претерпели эволюционные преобразования от выщелоченных черноземов (SB-3) до перехода их в лесные подзолистые почвы (SA-1, SA-2), с их проградацией в конце субатлантического периода (Марголина, 1988; Чендев, 2008).

Начало второго многовекового ритма на территории Восточно-Европейской равнины (2800–2500 л.н.) связано с похолоданием и повышением увлажненности климата в конце суббореального периода при переходе к субатлантическому (Сычева, 2011). Изменения в растительном покрове после атлантического периода характеризовались похолоданием и увеличением влажности климата, которые привели к постепенной замене широколиственных лесов на темнохвойную тайгу (Хотинский, 1977).

В сухостепной зоне 2800-2700 л.н. началось смягчение климатических условий с увеличением количества атмосферных осадков в пустынно-степной зоне. Пик этого увлажнения пришелся, вероятно, на середину II тыс. до н.э. и повлек за собой значительные эволюционные преобразования почв со сдвигом ландшафтных рубежей к югу. Период с 2600 по 2500 л.н. также характеризовался достаточно влажными климатическими условиями (Демкин с соавт., 2013). В лесостепной зоне период скифской культуры (2800-1600 л.н.) Ахтырцев (1991) также подтверждает преобладание влажной климатической обстановки.

Изменение климата отразилось на возрастании лесистости территории, на этой стадии стали возникать скифские городища (Колода, 2014). В интервале времени 2500–2450 (2400) л.н. на участке южной лесостепи степи произошла смена сравнительно недавно поселившегося леса лугостепным биоценозом, после чего лес уже надолго занял данную территорию (Колода, 2014). Анализ многовекового ритма в поймах рек Русской равнины показал, что данное время (2500–

2700 л.н.) характеризовался теплыми и влажными условиями, а на рубеже 2500 л.н. произошло похолодание с сохранением влажности (Сычева, 2011). Многие авторы приводят доказательства того, что 2500 л.н. наметилась очевидная тенденция роста увлажненности климата на территории Восточно-Европейской равнины и смещение границ природных зон к югу (Хотинский, 1977; Ахтырцев с соавт. 1991; Чендев, 1999; Александровский, 1983).

Переходный этап от суббореала к субатлантике при снижении температуры обеспечил развитие в основном березняков с остатками липняков и боров по песчаным грунтам (Трегуб, 2009). Период 2300-2000 сменился на более сухие климатические условия (Сычева, 2011). Демкин В.А. с соавторами (2013) уточняет, что регионе сухих степей хроноинтервал 2400-2300 л.н. выделялся самыми засушливыми климатическими условиями. Пик относительно засушливого эпизода под названием скифо-сарматский аридный период произошел в интервале 2300–1800 л.н. (Александровский с соавт., 2011; Память почв, 2008; Колода, 2014), по мнению других авторов этот период охватывал другие временные рамки – с 2500 по 1700 л.н. (Chendev et. al., 2017). В пределах бассейна Дона также отмечено большое количество остепененных участков во временном срезе 2100-1700(1600) л.н. (Серебрянная, 1976; Чендев, 1999). После аридной стадии наступил новый этап увлажнения и лесные массивы повсеместно стали занимать степные ландшафты (Чендев, 1999; Chendev et. al., 2017). Александровский А.Л. относит этот период к временному интервалу 1800-1200 л.н. (Память почв, 2008).

Первое тысячелетие нашей эры на территории Русской равнины характеризуется как период с теплой и аридной обстановкой. В течение этого времени 1300-800 л.н. происходит малый климатический оптимум голоцена, который после рубежа 1000 лет характеризуется теплыми, но уже влажными условиями (Сычева, 2011; Память почв, 2008). При потеплении климата (1500—700 кален. л.н.) и увеличении среднегодовой температуры до 7 °С, широколиственные леса восстановили свои позиции на территории Тульской области (Новенко, 2014). Последний хроноинтервал 800-100 л.н. получил название малого ледникового периода, в котором произошло максимальное продвижение лесов к югу.

Климатические условия поздней субатлантики на территории современной лесостепи способствовали развитию степной растительности, а также долинных лесов и локальных дубрав на водоразделах (Трегуб, 2010). Е.А. Спиридонова (1991) оценивает субатлантический период голоцена как эпоху достаточно стабильных ландшафтов с незначительными изменениями во времени состава растительных группировок. Однако, по мнению других исследователей (Иванов, Табанакова, 2003), этот был период наиболее неоднородный во всем голоцене по колебаниям температур, количествам атмосферных осадков и солнечной активности.

Реконструкция климата за последние две тысячи лет на основе спорово-пыльцевых

данных осложняется антропогенным фактором (Новенко, 2014). Трансформация растительного покрова, вызванная антропогенным воздействием, прослеживается по палеоботаническим данным, начиная примерно с 2000 кал. л. н. (Новенко, 2017). Ученые до сих пор не пришли к выводу о причинах пожаров, которые происходили в течение голоцена, были ли они результатом климатических катастроф, или это дело рук человека (Marlon et. al., 2013). Именно поэтому относительно сохранившие свои свойства и признаки погребенные почвы представляются нам уникальным объектом для изучения с целью восстановления ландшафтов предыдущих эпох.²

Раздел 1.2. Почвообразование в разных природных зонах во второй половине голоцена

Задача изучения закономерностей эволюцией почв под влиянием изменения природной среды является важнейшей проблемой почвоведения. Детальное изучение почв необходимо для понимания закономерностей ландшафтов и биосферы в целом, поскольку почвенная среда является ее важной частью (Иванов, 1992). Предшествующий атлантике пребореальный период, длившийся до 9500 л.н. имеет важное значение для дальнейшего формирования почв. Считается, что в этой стадии происходило образование современного почвенного покрова, а также первый этап формирования горизонта Bt голоценовых почв (Память почв, 2008).

Подраздел 1.2.1. Эволюция почв лесной зоны во второй половине голоцена

Александровский А.Л. (1983) указывает, что на территории южной тайги эволюция почв, сформированных в лессовидных суглинках в первой половине голоцена, проходила от слаборазвитых мерзлотных дерново-глеевых почв позднеледниковья в сторону развития мощных текстурно-дифференцированных почв атлантического периода. Похолодание климата, которое происходило в раннем суббореале 4700-4200 л.н. обусловило появление мерзлотных клиньев, заполненных вторым гумусовым горизонтом, который образовался в период среднего голоцена (Память почв, 2008). Если исходить из этих представлений, то стадия текстурной дифференциации должна располагаться между позднеледниковой и темноцветной.

Во второй половине голоцена основными тенденциями развития природы были: похолодание климата, уменьшение общей и поступающей в почву биомассы, интенсивности

² При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Prikhodko V., Puzanova T., Tregub T., Berezutskiy V., Kurbanova F. Complex paleoecological research of buried soils and reconstruction of the bronze age in the East European Plain and adjacent area, 18th international multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, том 20, 2018, с. 243-251. IF – 0,232 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/2.3/s11.044> Личный вклад автора составляет 20%; Папкина А.Э., Курбанова Ф.Г., Пузанова Т.А., Хохлова О.С. Эволюция почв Южного Предуралья в эпоху ранней бронзы на основе геоархеологических данных (на примере могильника «Красиковский I» в Оренбургской области. Материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции с международным участием «ПАЛЕОПОЧВЫ, ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ, ПАЛЕОЭКОНОМИКА», Товарищество научных изданий КМК Пушкино, 2017, с. 141-145 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29123633> Личный вклад автора составляет 20%.

круговорота веществ в ландшафте, снижение энергетического потенциала почвообразования. В связи с этим происходило уменьшение интенсивности большинства почвообразовательных процессов (Александровский, 1983). При этом эволюция осложнялась явлениями наложения темноцветного и палевого горизонтов, сформированных преимущественно в элювиальной части текстурно-дифференцированного профиля. Считается, что это также должно было вызвать ослабление процессов текстурной дифференциации профиля, выноса веществ за пределы почвенного профиля. В холодные периоды в почвах усиливалось оглеение, происходило образование гумуса фульватного типа, миграция Al и Fe, а в стадии потепления активизировались процессы гумусообразования. Сильное увлажнение климата 2500 л.н. привело к деградации второго гумусового горизонта. В этих условиях на фоне общего снижения интенсивности почвообразования, возможно, происходила интенсификация таких процессов, как образование гумуса, кислотный гидролиз, оглеение, миграция R_2O_3 , партлювация (Александровский, 1983, 2015).

Динамика ландшафтов лесной зоны до сих пор остается предметом научных дискуссий. Есть признаки того, что граница леса периодически сдвигалась к югу от ее нынешнего положения (Пономаренко с соавт., 2015). Проникновение открытых степных ландшафтов на север в среднем голоцене предполагалось для Западной и Центральной Европы (Hejman et al., 2013). Также существуют предположения, что вследствие более интенсивных процессов выщелачивания черноземы в Центральной Европе были трансформированы в подзолистые после бронзового века (Schalich, 1988; Fischer-Zujkov et al., 1999). В пределах Подолья и междуречья Днестра и Збруча черноземы преобразовались в серые лесные в результате наступления лесов на лугово-степные ландшафты в субатлантический период (Dmytruk et al., 2014). В отличие от этих результатов, Barczy с соавт. (2006a, 2006b, 2009) предполагает непрерывное развитие черноземов под степной растительностью в течение последних четырех тысяч лет на Большой Венгерской равнине. Для Северного Поволжья распространение лесостепных и даже открытых степей в лесную зону было предложено еще в эпоху бронзы (Спиридонова, 2000; Алешинская, Спиридонова, 1999; Александровский, 2015). Однако Смирнов (1968) указал, что аридного периода со сменой природных зон с послеледниковой не было и допустимо предположение лишь некоторого потепления, которое привело к изменению состава лесов в пользу широколиственных пород.

Согласно недавним исследованиям торфяных хронорядов вдоль южной окраины лесной зоны (Novenko et al., 2016; 2019), лесная среда сохранялась в южной части лесной зоны со среднепозднего бронзового века. Современная растительность с хвойно-широколиственными и широколиственными лесами на Русской равнине была установлена в раннем голоцене (9 - 8,8 тыс. лет назад) и сохранялась на протяжении всего среднего и позднего голоцена, хотя были и

более засушливые и влажные климатические условия. Однако, влияние этих климатических флуктуаций во второй половине голоцена на эволюцию почв часто остается неясным и требует дальнейших исследований (Makeev et al., 2020).³

Помимо этого, один из вопросов заключается в том, могут ли горизонты с гумусом типа мюллер образовываться под лесом, важен для понимания происхождения и возраста черноземов. Есть признаки того, что черноземы могут образовываться или выживать под пологом широколиственных лесов, особенно под открытыми дубовыми насаждениями, имеющими богатый травянистый покров (Афанасьева, 1966; Vysloužilová et al., 2014a, 2014b, 2016). Наиболее популярное мнение состоит в том, что черноземы были развиты в середине голоцена; хотя остается неясным, когда начали формироваться молликовые горизонты. Основываясь на датах нижней части молликового горизонта на севере Польши, Kabala (2019) предположил, что устойчивое накопление органического вещества в верхнем горизонте почвы с позднего плейстоцена до середины голоцена. Относительно сухой и холодный климат может поддерживать развитие черноземов (Kowalkowski, 1981; Huang et al., 2009). Формирование черноземов в раннем голоцене было также продемонстрировано в широколиственных лесах Русской равнины (Александровский, 2015).

Подраздел 1.2.2. Эволюция почв лесостепной зоны во второй половине голоцена

Почвы лесостепных территорий Русской равнины содержат набор полигенетических особенностей, отражающих многочисленные климатические изменения и сдвиги ландшафтных границ (Khokhlova et al., 2019; Чендев с соавт., 2017; Rusakov et al., 2019). Под концепцией островной лесостепи понимается наступление леса на степь, продвижение степей вдающимися мысами в сторону лесов, частичное проникновение лесных массивов в степные территории. Предполагается, что во время более теплых и засушливых стадий граница степных территорий сдвигалась на север, а на влажных стадиях лес проникал в степные ландшафты (Чендев, 1999). Записи спор пыльцы о резких трансформациях лесов в прерии в экотоне прерия – лес в центральной Канаде отражают, что этот район особенно чувствителен к изменениям окружающей среды (Williams, 2009).

³ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Makeev A., Rusakov A., Kurbanova F., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva V., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian Plain. Quaternary International, pages 1–22, 2020. IF – 2,190 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015> Личный вклад автора составляет 30%

Позднеголоценовые короткие тренды естественной эволюции черноземов характеризовались пространственной неоднородностью, обусловленной широтной зональностью (лесостепь-степь) и литологическим составом почвообразующих пород. Установлен “ускоренный” тренд эволюции мощностей генетических горизонтов лугово-степных черноземов лесостепи (черноземов выщелоченных и типичных) и “замедленный” тренд эволюции данных признаков в степных черноземах (черноземах обыкновенных и южных) (Чендев, 1999). Ряд авторов признает, что черноземы в лесостепи эволюционировали лишь в рамках одного и того же типа, а изменения растительности происходили в рамках лесостепного ландшафта (Чичагова, 1985; Маданов, 1967). Александровский А.Л. (2005) считает, что почвы лесостепи при изменении только температурного фактора эволюционируют слабо. Однако, при изменении увлажненности трансформация профилей почв усиливается, поскольку изменение количества осадков приводит за собой смену растительных ассоциаций с лесных на степные и наоборот.

Степные ландшафты доминировали 6900-5800 лет назад, что подтверждается спорово-пыльцевыми данными (Шпуль, Нестерова, 1991, Спиридонова, 1991). По данным Шумиловских и соавт. (2017) в период 7000-4500 кал. л.н. граница лесной зоны в центральной части Восточно-Европейской равнины проходила на 50-70 км севернее ее современного положения. Палеопочвенные исследования, проведенные Александровским и Чичаговой (1998), хорошо согласуются с палинологическими данными и позволяют предположить, что степное почвообразование и накопление гумуса в лесостепи происходили в раннем и среднем голоцене, а лесной этап, который характеризовался деградацией гумусового горизонта, произошел уже во второй половине голоцена.

В начале бореального этапа формировались высоко гумусированные и карбонатные почвы. Далее в течение бореального, атлантического и суббореального периода увеличивалась текстурная дифференциация почв. В Курской области на высоких поймах рек с начала среднего голоцена до 6600 л.н. формировались почвы лугового генезиса, после чего из-за повышенного увлажнения климата почвообразование уже не успевало прорабатывать интенсивно накапливавшийся речной аллювий (Чендев, 2016).

Около 4000 л.н. вследствие резкой аридизации климата сформировались южные варианты степей и образовались черноземы среднемощные с высоким содержанием карбонатов и солей. Но при этом они сохранили реликтовые гумидные признаки предыдущих гидроморфных эпох, которые проявились в виде гуматного типа гумуса, карбонатной пропитки, Fe-Mn конкреций и слабого сульфатного засоления по всему профилю (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994).

Экстремально засушливая стадия, возникшая 4300(4200)-3900 л.н. привела к тому, что почвы на территории Центрального Черноземья приобрели более аридный облик, что проявилось в снижении мощности гумусового профиля, увеличения количества педогенных карбонатов, увеличению доли Na и легкорастворимых солей (Ахтырцев с соавт., 1991; Чендев, 2005; Иванов, 1992). Примерно 4200–3200 лет назад (SB-2) на данной территории на значительных площадях на протяжении 1000–800 лет доминировали степные разнотравно-луговые растительные группировки, что привело к формированию на водоразделах черноземных почв (Бруяко, 2005). Александровский А.Л. (Память почв, 2008) отмечает, что в период с 3700 по 3400 л.н. происходило увеличение увлажнения, которое привело к формированию лесных почв на месте черноземов.

Лесостепные черноземы во влажный период с 3900-3400 л.н. характеризовались более элювиальным типом, который достигает максимума 3500 л.н. и выражается в резком уменьшении карбонатов кальция в гумусовом горизонте, а также в сокращении растворимых сульфатов Mg, Na, Ca (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994). 3500-2750 л.н. в лесостепных районах проходили такие процессы, как оподзоливание и текстурная дифференциация (Память почв, 2008). Далее кратковременная аридизация 3400 л.н. привела к небольшому уменьшению мощности гумусовых горизонтов и профилей черноземов (Чендев, 2005).

На территории современной южной лесостепи увлажнение климата 2800-2500 л.н. способствовало продвижению лесных участков на юг, что нашло отражение в деградации под лесом ранее сформированного чернозема в направлении образования серой лесной почвы (Колода с соавт., 2014). Автор считает, что в данную лесную стадию почвообразования в деградирующей черноземе формировались бурые кутаны и ореховатая структура горизонта Bt серой лесной почвы. Лесной период формирования почв и ландшафтов на городищах продолжался во II тыс. н.э., о чем свидетельствуют свойства современных серых лесных почв (Колода с соавт., 2014).

Довольно много вопросов вызывает субатлантический период. Считается, что в это время сформировался современный умеренно-континентальный климат и под разнотравно-луговыми степями залегали лесостепные варианты черноземов и лугово-черноземов (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994). Александровский А.Л. (1983) предполагает, что за последние 3000-2500 лет мощность гумусового профиля увеличилась на 30-45 см и настолько же опустилась граница залегания карбонатов. В период возрастания увлажнения с 2900-2500 л.н. преобладали лесостепные ландшафты, гумусовый горизонт палеочерноземов был промыт от миграционных форм карбонатов, возросла мощность гумусового горизонта и содержание гумуса в нем (до 4,5-5%) и черноземный профиль по диагностическим критериям был близок современному облику

(Ахтырцев, Ахтырцев, 1994).

Субатлантический период (2700 – наше время) характеризовался снижением температуры и повышением влажности, однако, был самым нестабильным за весь голоцен по колебаниям температур, солнечной активности и количеству осадков (Иванов, Табанакова, 2003; Панин с соавт., 2011). Развитие почв в этот период не было однонаправленным и до сих пор остается спорным. Во время влажного периода увеличивающееся выщелачивание привело к перемещению глинистого и гумусового материала, и черноземы были преобразованы в *Phaeozems*, *Luvisols* или *Albeluvisols* (Eckmeier et al., 2007; Александровским и Чичагова, 1998). Согласно Чендеву с соавт. (2016), преобразование черноземов (*Chernozems*) в серые лесные почвы (*Phaeozems*) началось 2800 лет назад. В исследовании Новенко с соавторами (2016) на основе спорово-пыльцевых данных в экотоне лесостепи показали, что похолодание климата и увеличение количества осадков привели к смещению лесного пояса к югу 4800–2500 кал. л.н. На северо-западе Европы резкий климатический сдвиг к влажным условиям 2600 лет назад стал основной причиной разграничения между засушливым суббореальным и влажным и холодным субатлантическим периодам (Sernander, 1910; van Geel, 2004).

Недавние исследования в центральной части лесостепной полосы показали, что в почвы, погребенные 2200-2400 л.н. содержат в себе признаки бывшей лесной стадии и наложенной аридной фазы, которая проявляется в виде карбонатных оболочек поверх иллювиальных кутан (Chendev et. al., 2017), что подтверждает указывает на быструю реакцию почвенного профиля на Скифо-Сарматский аридный период. Критической точкой эволюции стал конец аридного этапа и переход на новую стадию гумидизации, который произошел 1700-1600 л.н. и привел к трансформации черноземов в серые лесные почвы (Chendev et. al., 2017). Малый ледниковый период (800-100 л.н.) характеризуется максимальным распространением леса на степные участки. Некоторые авторы высказывают точку зрения, что динамика климатических условий привела к усилению текстурной дифференциации лесных и лесостепных почв (Память почв, 2008; Колода с соавт., 2014).

Подраздел 1.2.3. Эволюция почв степной зоны во второй половине голоцена

Эволюция почв степной зоны на протяжении голоцена была направленной, под влиянием длительных климатических трендов, изменения свойств почв диктовали условия атмосферной увлажненности. Скорость, степень и распространение в пространстве изменений свойств почв различались в зависимости от локальных литолого-геоморфологических и региональных климатических условий (Иванов, 1992). Демкиным с соавторами (2014) было установлено, что в степных ландшафтах в аридные климатические фазы увеличивается доля легкорастворимых солей, гипса и карбонатов, а уровень вскипания смещается к поверхности, уменьшается

мощность гумусового горизонта и содержание гумуса. Напротив, во влажные периоды происходило расслоение почв, увеличивалось содержание гумуса, а в горизонте Bt образовывались обильные оксиды марганца (Demkin et al., 2014).

В развитии почвенного покрова степей на протяжении исторического времени наблюдалась периодическая смена процессов дивергенции и конвергенции, обусловленных гумидизацией и аридизацией климата соответственно (Демкин с соавт., 2013). Сухостепные почвы способны быстро реагировать на смену природных условий, поэтому по состоянию их профиля можно проводить реконструкцию для относительно небольшого отрезка времени (100-200 лет) (Память почв, 2008; Хохлова, 2005; Хохлова с соавт., 2019; Папкина с соавт., 2017; Демкин с соавт., 2013).

Исследования В.А. Демкина (2013) десятков подкуранных хронологических рядов почв степной зоны показали, что в эпоху ранней бронзы (2-я пол. IV – 1-я половина III тыс. до н. э.) эволюция почв нижеволжских степей происходила на уровне подтипов со сдвигом границ почвенных подзон к северу. В поздней атлантике (6000-5000 л.н.) в условиях низкой увлажненности климата и отступления лесов сформировались почвы с черноземным гуматно-кальциевым типом гумуса. В то же время, высокая облесенность отмечалась 6000–6500 л.н. в Ямской степи, где позднее на междуречьях доминировали лугово-степные ландшафты (Чендев с соавт., 2016).

На разных участках в пределах степной зоны прослеживается усиление аридизации климата во 2-й пол. III тыс. до н. э., которая привела к опустыниванию ландшафтов. Палеоэкологический кризис, который произошел около 4000 лет назад в нижеволжских степях, сказался на хозяйственном укладе племен поздне- и пост-катакомбного времени, обусловив их переход к подвижному пастушескому скотоводству. Масштабная аридизация климата в степях Восточной Европы 4500-4000 лет назад оказала весьма существенное влияние на состояние и эволюцию почв и почвенного покрова. Произошло преобразование каштановых почв и солонцов в каштановидные полупустынные почвы, которые в интервале 4200–3900 лет назад занимали доминирующее положение в регионе (Хотинский, 1977, Демкин с соавт., 2013).

И.В. Иванов (1992) подтверждает тот факт, что климат суббореального периода сильно отличался от атлантического и субатлантического периодов другим водным режимом почв, о чем свидетельствует высокое залегание легкорастворимых солей и гипса, обусловленное резким уменьшением глубины промачивания и восходящим движением влаги. Так, в период с 5000 до 4700 л.н. Степные участки юга Украины претерпевали усиление континентальности и аридности климата, которое привело к возникновению языковатости гумусового горизонта и засоленности и осолонцеватости всего профиля (Иванов, 1992). На севере степной зоны на начальном этапе суббореального периода (4800-4300 л.н.) происходило формирование черноземов южных, в то

время как сейчас на этой территории доминируют почвы более северного ряда - черноземы обыкновенные (Иванов, 1992; Александровский 1983; Чендев, 2005).

В период 4300-3500 лет назад в восточноевропейских степях произошли весьма значительные и резкие эволюционные трансформации почв на уровне типа (Демкин с соавт., 2013). Гумидизация климата обусловила увеличение содержания гумуса и возрастание мощности гумусового горизонта почв, вымывание легкорастворимых солей и гипса, изменения карбонатного профиля. Усиление увлажнения 3900-3500 л.н. привело к смене ландшафтов южных вариантов степей на лесостепные. На черноземном профиле это отразилось в виде резкого уменьшения содержания карбонатов кальция в гумусовом горизонте, в составе солей возросла доля гипса за счет уменьшения более растворимых сульфатов Mg, Na, K (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994).

Примерно в это время (3600 л.н.) годовые нормы осадков стали возрастать и на территории открытых степных пространств Белгородской области, что привело к увеличению мощности гумусовых горизонтов и профилей в целом, начали происходить процессы рассоления и выщелачивания, а также усилилась зоотурбация почв (Ахтырцев с соавт., 1991; Чендев, 1999). Отмечено, что в степях Предуралья в субатлантический и суббореальный периоды климат стал более мягким, с достаточным увлажнением, травы и кустарники покрывали луговые черноземы (Khokhlova et. al., 2019). Однако, непродолжительная аридизация, зафиксированная 3500 л.н., привела к временному запуску процесса соленакопления, в результате, в гумусовом горизонте палеочерноземов сумма растворенных солей возросла вдвое (Ахтырцев, Ахтырцев, 1994).

В интервале 2600–1600 л.н. небольшие климатические флуктуации приводили к эволюционным преобразованиям каштановых палеопочв и солонцов на уровне типа, рода и вида. (Демкин с соавт., 2013). На территории Белгородских степей в скифское время (2500-2300 л.н.) профиль степных черноземов имел схожий облик с современными аналогами, за исключением высокого уровня залегания карбонатов, что связано либо с наследованностью карбонатов в аридные периоды, либо с быстрой реакцией карбонатов на кратковременное уменьшение количества осадков в скифское время (Чендев, 1999).

В позднеатлантический период по сравнению с суббореальным почвы характеризовались большей прогумусированностью, а также им свойственно было большее содержание гуминовых кислот, что привело к формированию зернистой структуры и хорошей микроагрегированности. Относительная увлажненность климата также обусловила преобладание миграционных форм карбонатов, промытость почвенного профиля от легкорастворимых солей и гипса (Иванов, 1992). Иванов И.В. (1992) также предполагает, что на рубеже 2000 л.н. происходили процессы интенсивного выщелачивания черноземов от педогенных карбонатов.

Таким образом, обзор литературных источников показал, что погребенные почвы являются надежными индикаторами изменения природных условий, которые происходили в голоцене. Центр Восточно-Европейской равнины характеризуется частыми климатическими флуктуациями в прошлом и, зачастую, палеоэкологические интерпретации у разных авторов сильно разнятся для большей части периодов. Разностороннее изучение голоценовых трендов по литературным данным показало, что на данный момент нет единого мнения о том, какие были условия за период, длительностью ~500 лет. Наиболее дискуссионной фазой в центральной части Русской равнины является субатлантический период. Помимо этого, остается ещё ряд неразрешенных вопросов:

- действительно ли колебания климата в голоцене могли приводить к полной смене ландшафтов, включая растительный покров и почвы?
- могли ли такие сдвиги происходить локально или затрагивали все биоклиматические зоны Русской равнины?
- существовала ли трансформация почв из чернозёмов в серые лесные и подзолистые почвы?
- в какие периоды происходило формирование разных почвенных свойств?

Ю.Г. Чендев с соавт. (2016) также отмечает, что несмотря на многочисленные исследования остается ещё много неразрешенных проблем, таких как недостаточно высокая степень детализации смены во времени биоклиматических обстановок, идентификация этапов формирования зональных типов ландшафтов лесостепи в голоцене, своеобразие эволюции почв и растительности. В связи с этим требуется проведение дополнительных исследований, углубляющих существующие представления об истории формирования природной среды в голоцене⁴.

⁴ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: О. С. Хохлова, А. Э. Папкина, А. А. Хохлов, Т. А. Пузанова, Ф. Г. Курбанова. Палеопочвенные исследования курганного могильника Красиковский в Оренбургской области. Археологические памятники Оренбуржья. Выпуск 14, с. 49–59. ОГПУ Оренбург, 2019 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37612012> Личный вклад автора составляет 20%. Папкина А.Э., Курбанова Ф.Г., Пузанова Т.А., Хохлова О.С. Эволюция почв Южного Предуралья в эпоху ранней бронзы на основе геоархеологических данных (на примере могильника «Красиковский I» в Оренбургской области. Материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции с международным участием «ПАЛЕОПОЧВЫ, ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ, ПАЛЕОЭКОНОМИКА», Товарищество научных изданий КМК Пушино, 2017, с. 141-145 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29123633> Личный вклад автора составляет 20%.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящий момент большинство археологических работ проводится без участия специалистов естественно-научного профиля, что приводит к потере большого количества информации. Между тем, прочтение в свойствах погребенных почв «записей» о факторах почвообразования в прошлом имеет фундаментальное значение, выходящее за рамки географии и палеопочвоведения.

Основным подходом, который используется в данной работе, является метод почвенных хронорядов, когда на относительно небольшом расстоянии, в близких ландшафтных позициях, на схожей почвообразующей породе сравниваются погребенные в разное время почвы друг с другом и с фоновыми, дневными почвами.

Различие почв по возрасту и идентичность по всем остальным факторам – главное условие построения хроноряда. Только в таком случае можно считать, что почвы развивались по одному пути и различия между ними обусловлены возрастом. После погребения на почву действуют процессы диагенеза. Диагенетическим изменениям подвержены такие динамические свойства погребенных почв, как содержание органического вещества, структура гумусовых горизонтов, состав и профильное распределение водорастворимых солей, обменных катионов, окислительно-восстановительные условия и т.д. Выраженность диагенетических изменений и сохранность исходных признаков зависят от условий захоронения: мощности и состава насыпи, исходного характера почвы, сенсорности почвообразующей породы (Эволюция почв..., 2015).

Важным условием сопоставления свойств палеопочв является сходство фоновых почв изучаемых объектов. В таких случаях имеется возможность с высокой вероятностью отнести изменения погребенных почв за счет времени и различных условий почвообразования в прошлые эпохи, а не за счет природной вариабельности (Эволюция почв..., 2015).

Раздел 2.1. Объекты исследования

В лесной зоне в республике Чувашии было изучено три археологических памятника, находящихся недалеко друг от друга, два кургана Абашевской культуры Бронзового века и фортификационный вал Раннего Железного Века (РЖВ). В лесостепной зоне были изучены 6 оборонительных валов, приуроченных городищам РЖВ, пять в Липецкой области и один вал в Белгородской (рисунок 2.1). Помимо погребенных почв изучались также фоновые почвы, которые находились в непосредственной близости от археологических объектов.

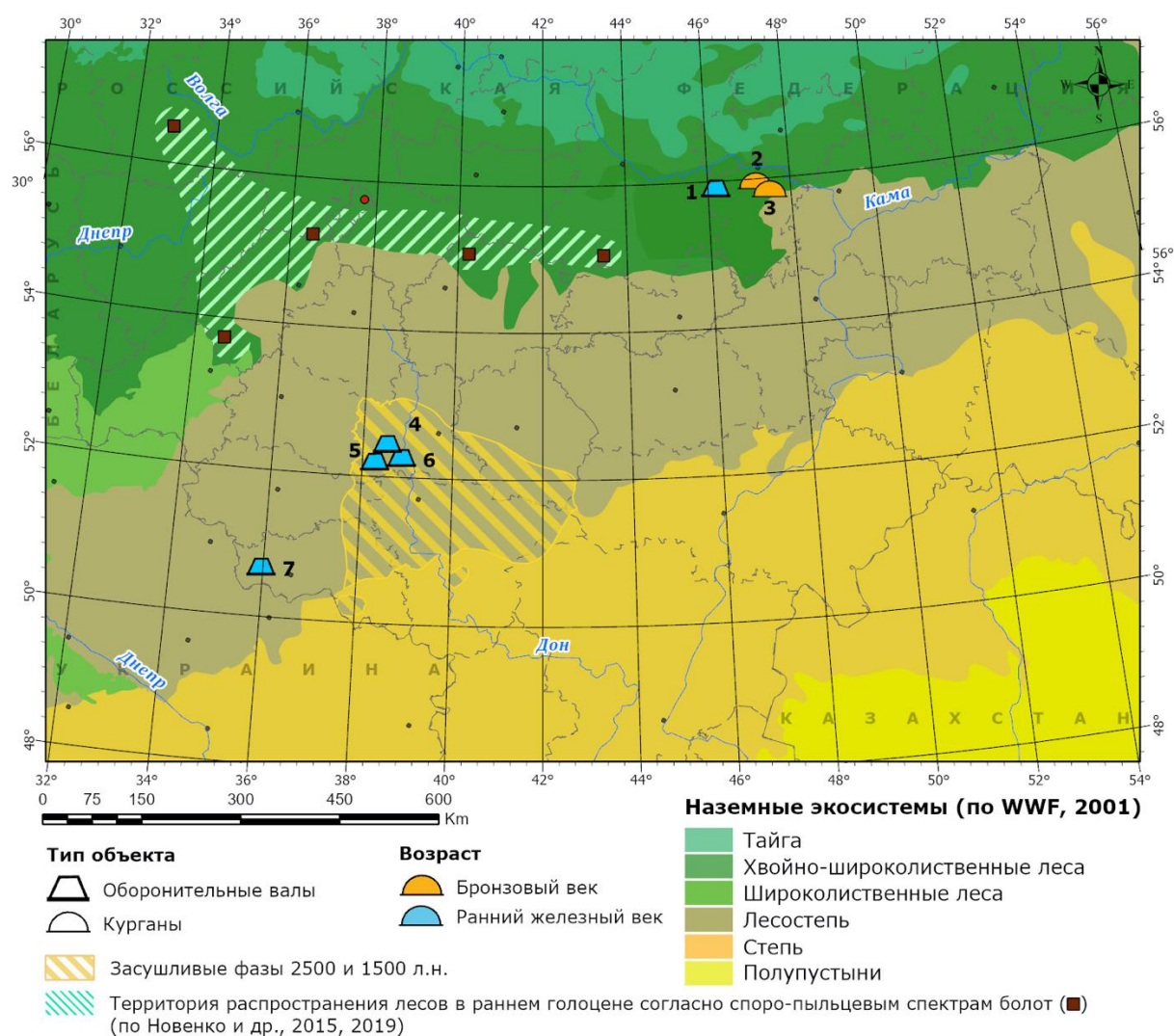


Рисунок 2.1 Карта расположения объектов. 1 – Сареевское городище «Ножка-Вар», 2 – Тохмеевский курганный могильник, 3- Таушикасинский курганный могильник, 4 – Оборонительный вал городища «Мухино», 5 - Оборонительный вал городища «Дегтевое», 6 – Оборонительный вал городища «Ксизово», 7 – Оборонительный вал городища Борисовка в Белгородской области

Для выбора опорной фоновой почвы были проведены рекогносцировочные исследования, около каждого объекта было заложено ~10 прикопок для минимизации фактора природной variability. В курганном могильнике Тохмеево-I на основе массового материала был выполнен анализ влияния пространственного варьирования свойств фоновых и погребенных почв. Подобный анализ редко выполняется при геоархеологических исследованиях ввиду ограниченности времени и трудовых ресурсов по время действительных раскопок. В этом смысле курганный могильник Тохмеево-I, площадью 6000 кв. м. и включающий до 50 курганных насыпей, представляет уникальную возможность для подобного анализа. Объектами для изучения пространственного варьирования послужили почвы, сформированные на курганных насыпях, погребенные почвы под курганами и фоновые почвы. Погребенные и фоновые почвы изучались в однотипных природных условиях (однотипный литологический фон и рельеф,

сходная растительность) как на территории курганного могильника, так и за его пределами. Исследование проводилось на 15 участках с помощью разрезов, прикопок, траншеи и буровых скважин. На не раскопанных курганах проводилось только бурение. В почвах Тохмеевского курганного могильника было отобрано 173 образца, в которых была определена реакция среды (рН водный и рН_{KCl}) и гранулометрический состав пирофосфатным методом (Приложение, таблица 2.1).

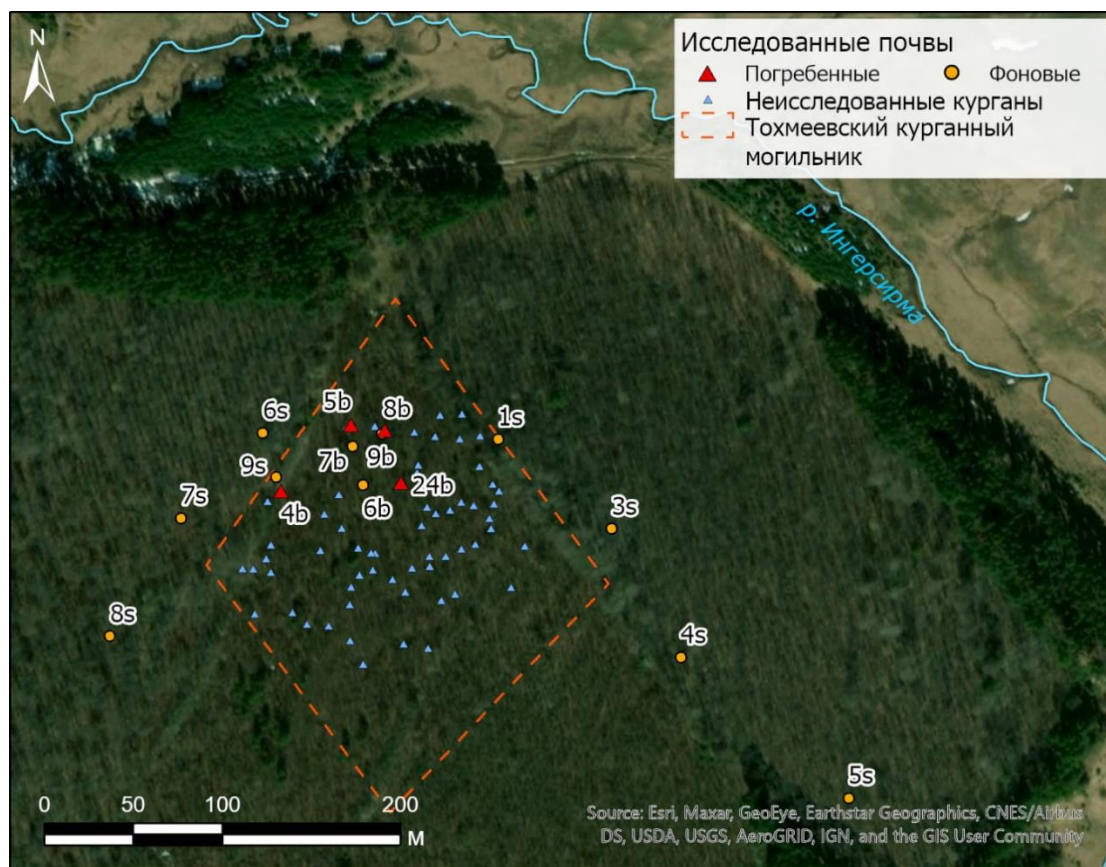


Рисунок 2.2. Площадное опробование фоновых и погребенных почв Тохмеевского курганного могильника

Для комплексного изучения почв и расшифровки палеоландшафтов нами было использовано большое количество анализов, включающих в себя морфологические, физико-химические, биоморфные исследования, а также методы абсолютного и относительного датирования (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 Схема методов изучения погребенных почв

Раздел 2.2. Морфологические методы

Как погребенные, так и фоновые почвы изучались на разных морфологических уровнях: микро, мезо и макро. В связи с полигенетичностью исследуемых почв и все разрезы были описаны по международной системе почвенной классификации для диагностики почв WRB – 2015. Морфологическая диагностика почв проводилась согласно рекомендациям из руководства по описанию почв ФАО (2006).

При полевом и при мезоморфологическом исследовании по составу и форме новообразования можно судить о режиме почв, суспензионном переносе веществ и ряде других процессов (рисунок 2.4). Детальный анализ строений новообразований позволяет увидеть механизмы их формирования в связи с интенсивностью почвообразования. Мезоморфологический анализ помогает лучше понять процессы, происходящие в почве, выявить генезис структуры, новообразований, гумуса и т.д., что в свою очередь позволяет более правильно диагностировать и классифицировать почву.



Рисунок 2.4 Пример мезоморфологической съемки (стрелки указывают на кутаны)

Микроморфологический анализ позволяет отделить признаки, свойственные почве до погребения, от признаков, сформированных под влиянием педометаморфизма, и в совокупности с морфологическими и химическими исследованиями позволит более детально изучить изменение почвообразовательных процессов, происходивших в древней почвенной толще. Микроморфологический анализ позволяет формулировать гипотезы или утверждения о генетической и эволюционной динамике почвы в попытке прояснить противоречия относительно ее происхождения, эволюции и процессов⁵ (Castro et al., 2003, Silva et al., 2017; Puzanova et al., 2018).

Раздел 2.3. Физико-химические анализы

Актальная почвенная кислотность обусловлена растворенными в ней химическими соединениями и определяется присутствием свободных органических и минеральных кислот, а также других компонентов, проявляющих кислотные свойства, например, Al^{3+} и Fe^{3+} .

Показателем, отражающим содержание кислотных компонентов в почвенном растворе, является величина pH. Во всех образцах pH определялся в водной вытяжке при отношении по весу почва-вода 1:2,5.

Обменная кислотность определяется после взаимодействия почвы с раствором нейтральных солей и в дальнейшем титрованием вытяжек гидроокисью натрия. Природа обменной кислотности полигенетична и источниками кислотности являются ионы водорода и алюминия в составе почвенного поглощающего комплекса. Обменная кислотность обусловлена общим содержанием химических соединений в твердых фазах почв, переход которых в результате реакций ионного обмена в водные растворы нейтральных солей приводит к увеличению в растворе содержания водородных ионов. Обменная кислотность измерялась по методу В.А. Соколова, принцип которого основан на том, что при обработке кислой почвы раствором KCl в вытяжку переходят поглощенные водород и алюминий.

Для определения *общего содержания карбонатов* использовался метод, предложенный Ф.И. Козловским, являющимся вариантом алкометрического метода, основой которого является разрушение $CaCO_3$ кислотой и последующим осаждением карбоната-иона (Козловский, 1977).

Гранулометрический состав почв определялся двумя способами:

⁵ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Puzanova T.A., Aseeva E.N., Lebedeva M.P., Kurbanova F.G., Chernov T.I. The methods of research of buried soils under archaeological sites. Proceedings of 18 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018, Soils, Forest ecosystems, Marine and Ocean Ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2018, том 16, с. 611-619. IF – 0,232 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/3.2> личный вклад автора составляет 30%

1. Метод лазерной гранулометрии на приборе «Analysette 22. Laser klasse 1» фирмы «Fritsch», который использовался, в основном, для построения дифференциальных кривых (рисунок 2.5).

2. Наряду с лазерной гранулометрией был использован метод пипетки, в котором диспергирование почвы достигается путем обработки ее раствором пирофосфата натрия ($\text{Na}_4\text{P}_6\text{O}_{18}$).

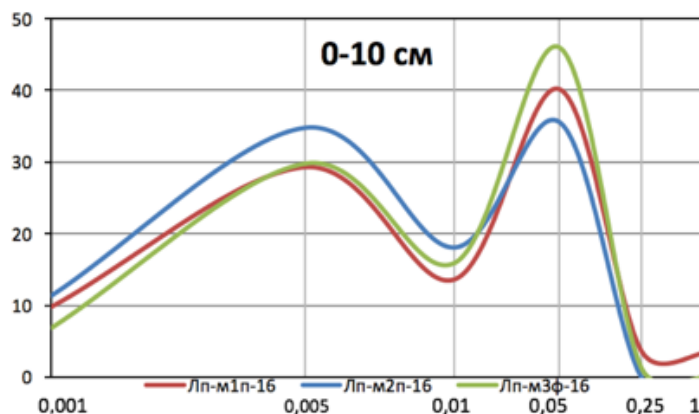


Рисунок 2.5 Дифференциальные кривые в почвах хроноряда 2500 (Ln-m1n-16) – 1500 (Ln-m2n-16) – настоящее время (Ln-m3f-16).

Определение содержания органического вещества по Тюрину. Метод основан на окислении углерода почвы избытком Cr^{6+} иона. Окисление происходит в сильноокислой среде и сопровождается восстановлением шестивалентного иона в трехвалентный. Избыток титруют раствором соли Мора, а по разнице содержания Cr^{6+} до и после окисления находят содержание эквивалентного количества органического углерода в почве (Воробьева, 2006).

Плотность почвы определялась в поле с помощью бурика Качинского. Объем образца задан конструкцией бурика, масса рассчитывается по разнице веса. Таким образом мы получаем объемную плотность образца.

Групповой и фракционный состав гумуса – функция биохимической активности почв, которая отражает специфику процесса гумификации в различных типах почв. Групповой состав гумуса характеризует соотношение гуминовых кислот и фульвокислот во всех фракциях. Анализ состава гумуса по методу Пономаревой В.В. и Плотниковой Т.А. (1975) дает возможность выделить три фракции гуминовых кислот и четыре фракции фульвокислот, а именно:

Фракции гуминовых кислот.

Фракция 1 - растворимая в 0,1 н. растворе NaOH без декальцирования почвы - свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами.

Фракция 2 - растворимая в 0,1 н. растворе NaOH только после декальцирования почвы и связанная в основном с кальцием.

Фракция 3 - растворимая в 0,02 н. растворе NaOH при 6- часовом нагревании на водяной бане - связанная с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами.

Фракции фульвокислот.

Фракция 1а - растворимая в 0,1 н. H₂SO₄ при декальцировании почвы - свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами (так называемая "агрессивная" фракция);

Фракция 1 - растворимая в 0,1 н. растворе NaOH без декальцирования почвы и связанная в почве с фракцией 1 гуминовых кислот;

Фракция 2 - растворимая в 0,1 н. растворе NaOH только после декальцирования почвы и связанная с фракцией 2 гуминовых кислот;

Фракция 3 - растворимая в 0,02 н. растворе NaOH при 6-часовом нагревании на водяной бане и связанная с фракцией 3 гуминовых кислот.

Кроме этого, определяется величина негидролизующего остатка (гумин), которая характеризует прочность закрепления гумусовых веществ минеральной частью почвы или слабую степень гумификации органического вещества.

Обогащенность гумуса азотом оценивают по атомному соотношению C:N. Очень высокое отношение C:N (18-20) свойственно бедному азоту гумуса и характерно для красноземов и грубогумусовых горизонтов серых лесных почв, а низкое отношение, равное 2-3, встречается только в очень бедных гумусом горизонтах и обусловлено высокой долей минеральных соединений азота (Орлов, 1985). Определение отношения C:N проводилось с помощью элементного анализатора (CHNS-анализатор VARIO EL III V4.01 20.Aug. 2002, Elementar Analysensysteme GmbH, Германия).

Емкость катионного обмена была определена методом Пфеффера, основанным на замещении обменных катионов на аммоний из реактива Пфеффера (70% NH₄Cl с значением pH ~ 7) в течение 60 мин. Значение ЕКО было получено суммированием концентраций K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Kazak, Kazak 2020).

Определение подвижных полуторных окислов по Тамму.

Для определения *подвижной формы железа* и алюминия, находящихся в виде неорганических гелей в почвах, применялись оксалатные вытяжки. При обработке почвы кислым раствором щавелевокислого аммония при pH 3,2 гели гидроокисей железа и алюминия переходят в раствор. Метод Тамма используется для извлечения из почвы железа, входящего в состав слабо окристаллизованных железистых минералов.

Для определения *свободного железа* использовался метод Мера-Джексона (натрий дитионит — цитрат-бикарбонатный метод). Данный метод предназначен для извлечения из почвы всех несиликатных соединений железа вне зависимости от степени окристаллизованности.

Группой несилактных соединений железа в почве называют минералы из группы оксидов и гидроксидов, которые содержат железо в качестве основного компонента (Аринушкина, 1970; agrohimija24.ru; analizvod.ru).

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)

Физический метод анализа химического состава, основанный на взаимодействии рентгеновского излучения с веществом. Метод РФА характеризуется широким диапазоном определяемых элементов (от фтора до урана) и нижними пределами количественного анализа от 5 ppm. Точность и воспроизводимость результатов РФА, полученных на современных приборах по аттестованным методикам, позволяют применять их для подсчета запасов полезных ископаемых, исследования процессов переработки руд и мониторинга объектов окружающей среды.

Анализ РФА был выполнен на рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного действия с дисперсией по длине волны, модель PW 2400 (Philips Analytical 1997 г.); аналитическое программное обеспечение (SuperQ, PANalytical 2009 г.) (http://www.igem.ru/lab_analiz/metody/metod_rfa.htm)

Для получения полной информации по данным РФА были выбраны геохимические индикаторы, используемые палеопочвоведом (Aseyeva et al., 2017)⁶ (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Геохимические индикаторы

Индекс	Расшифровка индекса
Ba/Sr	Свидетельствует о гидротермических условиях осадконакопления, в частности, процесс выщелачивания химических элементов (Калинин, 2008; Alekseeva, 2016) Параметр Ba/Sr предложен для оценки выщелачивания (выветривания) почвенного материала. Ba принадлежит к группе элементов со средней миграцией, выносится из почв слабее Sr, поскольку активно сорбируется глинами, концентрируется в Mn- и P- конкрециях и необменно сорбируется оксидами гидроксидами Fe и Al, становясь малоподвижным (Татьянченко, 2013).

⁶ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Aseeva E.N., Makeev A.O., Rusakov A.V., Sorokina K.I., Kurbanova F.G. The use of geochemical parameters to derive information on paleo-environmental conditions from buried soils of an archaeological site. Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017, Soils, Forest ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2017, том 17, с. 671-678. IF – 0,211 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.087> Личный вклад автора составляет 20%

Индекс	Расшифровка индекса
Ti/Al	Коэффициент устойчивости разных элементов (Лукашев, 1972)
TiO₂/Al₂O₃	Степень однородности материала (Калинин, 2008) Позволяет оценить однородность почвообразующих пород и определить наличие привноса вторичного материала.
Ti/Zr Zr/Y	Используется в качестве критерия литологической однородности (Шинкарев, 2010)
Ti/Nb Ti/Zr	Ti, Nb, Zr – элементы, которые являются малоподвижными в приповерхностных горизонтах. Показатель для оценки эолового привноса (Калинин, 2013)

Обработка данных по элементам включала расчет мольных соотношений неподвижных элементов – Ti, Nb и Zr, которые использовали для оценки однородности основного материала (Sheldon, Tabor 2009). Количество потери и аккумуляции по отношению к самому глубокому горизонту материнской породы были количественно оценены с использованием элювиально-иллювиального коэффициента, или ЕИК (Muir, Logan, 1982).

$$\text{ЕИК (\%)} = [(X_h/I_h)/(X_r/I_r) - 1] \times 100\%,$$

где X_h и X_r - содержимое элемента X, а I_h и I_r - содержимое неподвижного элемента (Ti) в почвенных горизонтах и материнских породах соответственно. Положительное значение ЕИК означает, что элемента было много в почвенном горизонте по сравнению с материнской породой, а отрицательное значение предполагает потерю элемента.

Раздел 2.4. Микробиоморфные анализы

Наиболее точная информация получается при комплексном изучении всех микробиоморф, в которые входят пыльца, фитоциты, растительный детрит, угли, корни, кутикулярные слепки.

Фитоциты являются результатом биологических и физических процессов, при которых некоторые живые высшие растения осаждают твердый кремнезем в межклеточном или внеклеточном месте после поглощения кремнезема в растворимом состоянии из подземных вод. После отмирания и разложения растения частицы кремнезема остаются в почве в виде дискретных микроскопических частиц разного размера и формы. Так как фитоциты неорганические - они устойчивы к силам распада, которые вызывают разрушение других видов растительных материалов, они сохраняются в хорошем состоянии в течение длительного времени. Фитоциты, возможно, являются самыми прочными наземными окаменелостями растений, известными в науке (Piperno, 2006). Высокая устойчивость фитоцитов к распаду дает

возможность использовать их в качестве индикаторов палеоэкологической обстановки. Определение и анализ фитолитов в образцах проводился Гольевой А.А. в институте географии РАН (Golyeva et al., 2018; Гольева с соавт., 2019)⁷.

Спорово-пыльцевой анализ является одним из методов палеоботаники, который предполагает определение и регистрацию ископаемой пыльцы и спор в соответствующей фракции, выделенной из образцов и изучаемых под микроскопом. Широкое применение данного метода обуславливается его отличительными особенностями. Высшие растения продуцируют огромное количество пыльцевых зерен или спор, оболочки которых, попадая на поверхность суши, захороняются и переходят в ископаемое состояние. Наружные оболочки пыльцевых зерен и спор подавляющего большинства высших растений исключительно стойки, хорошо противостоят химическим воздействиям, почти не разрушаются и относительно слабо минерализуются. Споры и пыльца различных видов, родов и таксонов более высоких рангов высших растений имеют характерные морфологические особенности, позволяющие распознавать споры и пыльцевые зерна и определять их. Перечисленные особенности данного метода позволяют восстановить палеоботанические условия в момент погребения. Однако, данный метод имеет свои недостатки, в число которых входит тот факт, что споры и пыльца могут распространяться на довольно большие расстояния, помимо этого, не все оболочки пыльцевых зерен и спор обладают хорошей устойчивостью, некоторые споры легко утрачиваются. Несмотря на это, палинологический анализ имеет широкое распространение в области палеогеографических исследований (Сладков, 1967). Спорово-пыльцевой анализ проводился в лаборатории геоботаники и экологии растений кафедры геоботаники биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и в лаборатории биостратиграфии при кафедре исторической геологии и палеонтологии ВГУ.

Раздел 2.5. Определение возраста почв

Радиоуглеродное датирование проводилось для различных углеродосодержащих материалов, как почвенных (гумус, карбонаты), так и археологических (уголь, дерево, кости, керамика). Радиоуглеродное датирование относится к инструментальным методом датировки почв, основой которого является период полураспада ^{14}C . Для определения возраста гуминовых

⁷ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Golyeva A.A., Khokhlova O.S., Engovatova A.V., Koval V., Anna Aleshinskaya A., Maria Kochanova M., Makeev A.O., Puzanova T.A., Kurbanova F.G. The Application of Buried Soil Properties for Reconstruction of Various Stages of Early Habitation at Archaeological Sites in Moscow Kremlin. *Geosciences* 2018, 8(12), 447. IF – 2,1 <https://doi.org/10.3390/geosciences8120447> личный вклад автора составляет 20%; Гольева А.А., Хохлова О.С., Энговатова А.В., Коваль В.Ю., Алешинская А.С., Кочанова М.Б., Макеев А.О., Пузанова Т.А., Курбанова Ф.Г. Исследование древних почв восточной части Московского Кремля. *Археология Подмосковья: Материалы научного семинара, серия Выпуск 15*, место издания Институт Археологии РАН Москва, 2019, с. 29-43 <https://dx.doi.org/10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-272-8.29-42> Личный вклад автора составляет 20%

кислот, костей и углей применялся бета-распад: распад с испусканием бета частицы, представляющей собой электрон, в то время как нейтрон превращается в протон (Вагнер, 2006).

Радиоуглеродное датирование выполнялось в ЦКП «Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН, в лаборатории изотопных исследований ЦПК «Геоэкология» РГПУ им. А.И. Герцена.

Помимо этого, на некоторых участках ввиду малого объема материала была применена ускорительная масс-спектрометрия (AMS) в радиоуглеродной лаборатории департамента географии Университета Цюриха (GIUZ). Главное отличие традиционного радиоуглеродного метода от масс-спектрометрического заключается в методе измерения концентрации ^{14}C . Масс-спектрометрия основывается на том, что атомы разных изотопов имеют разную массу. Образцы вещества окисляются до образования углекислого газа (остальные оксиды удаляются), после чего газ ионизируется и на высокой скорости проходит через магнитную камеру, где заряженные молекулы отклоняются от исходной траектории. Большее отклонение объясняется меньшей массой молекулы и, соответственно, меньшим количеством ^{14}C . После подсчета соотношения слабо и сильно отклонившихся молекул, можно определить в образце концентрацию ^{14}C с высокой точностью (Кулькова, 2011).

ГЛАВА 3. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

На южной границе лесного пояса в республике Чувашии были исследованы два курганных могильника Абашевской культуры Бронзового века – Тохмеевский и Таушкасинский. В непосредственной близости был также исследован оборонительный вал Раннего Железного Века Сареевского городища «Ножа-Вар». Расстояние между валом и могильниками составляет около 20 км.

Раздел 3.1 Физико-географическая характеристика района

Геология. Территория исследований расположена на востоке Восточно-Европейской платформы в пределах Волго-Уральского поднятия. Кристаллический фундамент плиты с глубиной залегания 1,5 км перекрыт слоем осадочного чехла, представленного отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Геологическое строение представлено осадочными накоплениями девона (мощность 700 м) и карбона (350 м) – доломитами, известняками, мергелями, гипсом, песчаниками, алевроитами. В мезозойских слоях выделяются юрские и меловые отложения. Основные породы: глины с прослоями сланца, алевроиты, пески, мергели, гипс с прослоями фосфорита, встречаются обломки аммонитов. Коренные породы повсеместно перекрыты четвертичными отложениями – элювиально-делювиальными покровными отложениями, в составе которых преобладают суглинки, реже встречаются пески и глины. Мощность отложений составляет 2–10 м, достигая на отдельных участках 18 – 20 метров. Минимальная мощность отмечается на водоразделах и увеличивается вниз по склонам. Суглинки нередко лессовидные, местами макропористые (Геология СССР, 1967)

Почвообразующие породы в северной (Приволжской) части представлены в основном лессовидными суглинками. В долинах рек развиты аллювиальные отложения – суглинки, пески, галечники. В долинах малых рек и ручьев мощность аллювия составляет 3 – 5 м. В пределах оврагов развиты овражные отложения – пески и суглинки с примесью щебня, мощность их не превышает 2,0 м.

Рельеф. Территория исследования относится к северной части Приволжской возвышенности. Основным фактором формирования современного рельефа являются эрозионные процессы. На всей поверхности возвышенности широкие междуречья, изрезанные оврагами и балками, чередуются с глубоко врезанными долинами. Овраги и балки имеют несимметричную форму: северные и восточные склоны удлинённые и пологие, а южные и западные – крутые.

Климат района умеренно континентальный с отчетливо выраженными сезонами года. Основные особенности климата определяются, прежде всего, географическим положением территории. Преобладает циклоническая деятельность и западный перенос. Среднемесячная температура июля 18,6°C, среднемесячная температура января -13°C. Среднегодовое количество осадков составляет 510-550 мм, причем на летние месяцы приходится 70% от общего их количества (<https://en.tutiempo.net/>).

Растительность. В геоботаническом районировании территория исследования относится к зоне широколиственных лесов. Несколько столетий назад территория республики была практически полностью покрыта лесами. За последнее столетие на 2/3 территории республики вследствие вырубок лесистость территории исследования уменьшилась до 17%. На месте сведенных лесов расположены сельскохозяйственные угодья. В подлеске широко распространены рябина *Sorbus*, калина *Viburnum*, черемуха *Prunus padus*, лещина *Corylus*. Травянистый покров очень разнообразный, доминируют неморальные виды – копытень европейский *Asarum europaeum*, ландыш майский *Convallaria majalis*, сныть европейская *Aegopodium podagraria*, медуница лекарственная *Pulmonaria officinalis*, чина весенняя *Lathyrus vernus*, пролеска многолетняя *Scilla siberica*, купена многоцветная *Polygonatum*, чистец лесной *Stachys sylvatica*, бор развесистый *Milium effusum* и др.

Почвенный покров. Согласно Государственной почвенной карте СССР (Государственная почвенная карта СССР М 1:1000000, лист N-38) территория изучения относится к району серых лесных почв северного склона Приволжской возвышенности (рисунок 3.1). В почвенном покрове описываемого района преобладают два типа почв: серые лесные и дерново-подзолистые почвы. Два объекта – курганы бронзового века приурочены к контуру светло-серых почв. Однако в непосредственной близости от данного контура располагаются ареалы черноземов и серых лесных почв. Оборонительный вал Раннего Железного века располагается на территории распространения дерново-слабоподзолистых почв.

Поскольку на данный момент биоклиматические условия территории однотипны, то пространственные различия, по-видимому, связаны с различиями почвообразующих и палеогеографическими условиями. Дерново-среднеподзолистые почвы формируются на пылеватых лессовидных суглинках. Среди серых лесных почв преобладают светло-серые и серые лесные почвы тяжелосуглинистого механического состава, развитые как на покровных отложениях, так и на иловатых юрских глинах. Выщелоченные черноземы и темно-серые лесные почвы глинистого механического состава, развитые исключительно на иловатых юрских глинах, имеют ограниченное распространение. Земледельческая освоенность района в среднем 40-60%, причем преимущественно на серых лесных почвах (Васильев, 2007).

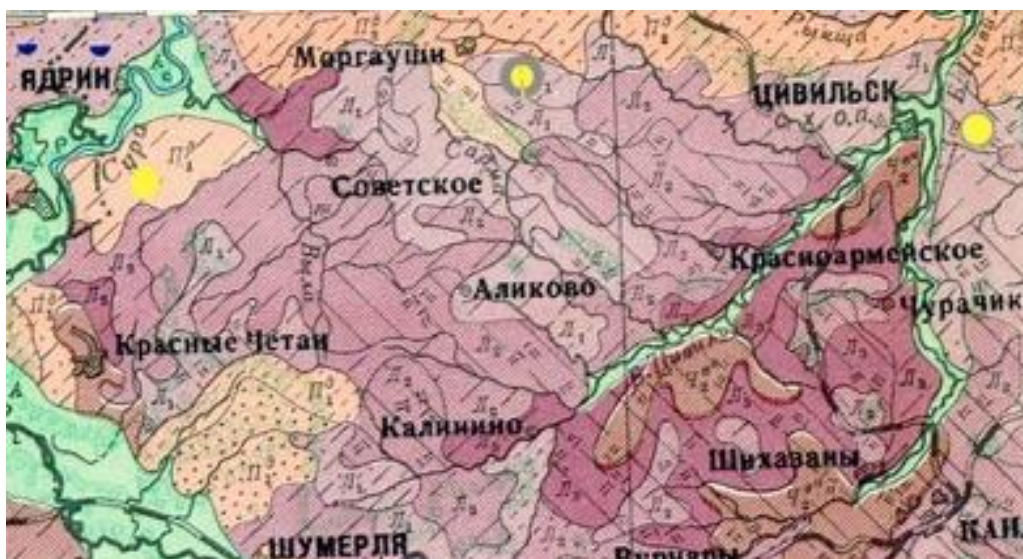


Рисунок 3.1. Фрагмент листа N-38 Государственной почвенной карты СССР М 1:1000000. Желтыми кружками показано расположение объектов (слева-направо Сареевское городище «Ножа-Вар» - Тохмеевский курганный могильник – Таушкасинский курганный могильник).

Раздел 3.2. Сареевское городище «Ножа-Вар»

На территории Сареевского городища «Ножа-вар» Раннего Железного Века, относящегося к 2-ой половине III – началу II тыс. до н. э. была вскрыта погребенная почва под оборонительным валом. Городище, площадью 100х30 метров, укреплено валами на юго-западном и северо-восточном концах, и расположено на мысовидном останце, со всех сторон окруженном оврагами (рисунок 3.2 а). С юго-восточной стороны от склона междуречья у городища находится глубокий ров. Овраги относятся к разветвленной овражной системе, включающей два оврага – западный и восточный. Сливаясь, эти овраги выходят в долину р. Суры (в 2 км от городища). Городище в недавнем времени (конец 19 века) распахивалось, что объясняет «волнистый» и нарушенный рельеф его поверхности. В настоящее время городище занято лесной растительностью с подростом из клена, заросли которого приурочены к пространству между валами. Сразу за валом следует понижение, относительно которого высота вала составляет 2,5 метра. Протяженность вала на мысе составляет 20-25 метров, однако продолжение вала прослеживается вдоль западной части городища. Исследуемый вал проходит вдоль бровки одного из оврагов.

Подраздел 3.2.1 Морфологическое описание погребенных и фоновых почв Сареевского городища

Объектами изучения послужили погребенная почва под археологическим памятником Ножа-Вар (разрез Ядр-1п-16, рисунок 3.2 с) и фоновая почва (разрез Ядр-2ф-16), развитая под лесной растительностью (рисунок 3.2 b).



Рисунок 3.2 Городище «Ножа-Вар» с погребенной почвой. (a) - общий план городища. Положение почвенного профиля отмечено звездочкой. (b) - широколиственный лес с травянистым ярусом у оборонительного вала; (c) - общий вид разреза, прорезающего земляной вал. Обращает на себя внимание смесь различных горизонтов почвы, использованную для возведения стен.

Разрез фоновой почвы Ядр-2ф-16 был заложен в 190 метрах на юго-юго-восток от погребенной почвы, в 1,5 метрах от бровки оврага и в 5 метрах от кромки леса. Поперечный профиль оврага на участке разреза V-образный, ширина днища примерно 10 метров. Склоны крутые и их длина меньше, чем на участке городища. Разрез заложен под широколиственной лесной растительностью (рисунок 3.2 b) с преобладанием дуба черешчатого *Quercus robur*, липы сердцевидной *Tilia cordata* и осины *Populus tremula* с примесью березы повислой *Betula pendula*. Кустарниковый ярус представлен бересклетом бородавчатым *Euonymus verrucosus*, травостой развит пятнами, доминантные виды: осока волосистая *Carex pilosa*, а также присутствуют копытень европейский *Asarum europaeum*, сныть европейская *Aegopodium podagraria* и фиалка лесная *Viola nemoralis*. Проективное покрытие составляет 20%, на поверхности почвы находится опад из лиственных пород деревьев. Растительная ассоциация: кленово-липово-дубовая (с примесью осины и березы) бересклетовая ширококрасно-мертвопокровная. Фоновая почва была классифицирована по международной классификации WRB (IUSS Working Group WRB, 2015)

как *Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic)* (рисунок 3.3).

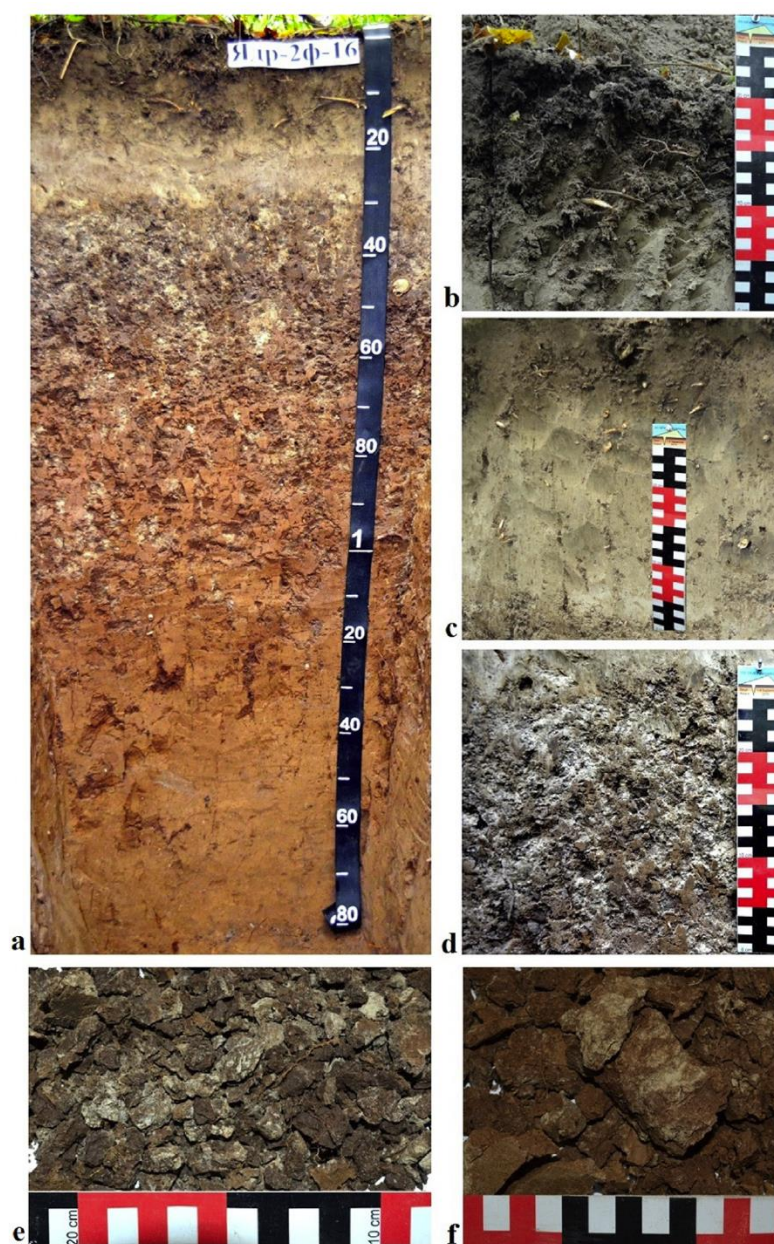


Рисунок 3.3 Фоновая почва (*Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic*). (a) - общий вид профиля фоновой почвы. Ярко выраженный сетчатый рисунок и темный цвет общей основной массы иллювиального горизонта из-за выраженных гумусовых кутан; (b) - хорошо развитый горизонт Ah фоновой почвы, сформированной под травянистым ярусом лесной растительности; (c) - горизонт E фоновой почвы; d - Обильные скелеты (сетчатый рисунок) в иллювиальных горизонтах; (e, f) – ореховатая структура иллювиального горизонта. Темные глинисто-гумусовые кутаны и обильные скелеты (d) - горизонт Bt1; (e) - горизонт Bt2.

Фоновая почва была сформирована в бескарбонатном покровном суглинке, который определен как северный вариант лессов с характерными чертами лессовых отложений:

равномерное залегание на водоразделах и склонах, вертикальные стены в экспозициях и преобладание фракции крупной пыли в гранулометрическом составе. Покровный суглинок на глубине 140 см подстилается карбонатным лессом.

Профиль почвы имеет хорошо развитый темный гумусовый горизонт (рисунок 3.3 б), который переходит в горизонт AhE и розовато-серым горизонтом E (рисунок 3.3 с). Последний приобретает более светлую окраску в нижней части, выше границы с горизонтом Bt. Граница между горизонтами E и Bt резкая и имеет хорошо выраженные языки отбеливания (*retic properties*, рисунок 3.3 г). Горизонты Bt имеют хорошо сформированную ореховатую структуру, изменяющуюся от мелкой к крупной вниз по профилю. Структурные единицы покрыты темными многослойными глинистыми кутанами, которые сверху покрыты обильными отбеленными скелетанами. В горизонте Bt2 ореховатая структура преобразуется в многопорядковую призматическую. Fe-Mn конкреции часто появляются на контакте с элювиальным и иллювиальными горизонтами и реже встречаются в нижних горизонтах. Граница между горизонтом BtC и слоем карбонатного лесса (горизонт 2Ak_hb) является резкой. Незначительное вскипание начинается с горизонта 2Ak_hb, в отдельных участках появляется сильное вскипание, сопровождающееся накоплением карбонатных новообразований. Карбонаты пропитывают почвенную массу и образуют псевдомицелий, мягкие конкреции и журавчики. Погребенная почва, предположительно, доголоценового возраста, обнаруживается по чуть более темному цвету, тонкой зернистой структуре и высокой пористости горизонта 2Ah_kb.

Погребенная почва была обнаружена под оборонительным валом, находящемся на территории Сареевского городища «Ножа-вар», относящегося к 2-ой половине III – началу II тыс. до н. э. (Михайлов с соавт., 2015). Вал датируется археологами ранним железным веком, радиоуглеродная датировка углистых частиц показала, что вал был сооружен 1850±210 л.н. (IGAN 5463). Разрез погребенной почвы изучен под оборонительным валом в северной, наиболее узкой части городища, который проходит вдоль бровки мыса. Растительность на изученном валу представлена широколиственным лесным сообществом. Поверхность почвы слабо задернована и покрыта свежим опадом, состоящем из листьев широколиственных пород и веточек деревьев. Проективное покрытие травянистого яруса небольшое – меньше 10%.

Профиль погребенной почвы под валом городища был заложен в 190 м от фоновой почвы (55,913799°N; 46,243623°E) на северо-западном краю мыса, занятого схожим широколиственным лесом (рисунок 3.4). С целью укрепления оборонительного вала по мере строительства насыпи на ней многократно устраивались кострища, и земляная масса обжигалась почти до состояния кирпича. Несколько непроницаемых охристо-коричневых прослоек, обогащенных древесным углем, указывают на стадии строительства. Насыпь гетерогенна, в верхней части сформировалась дерновая почва, с хорошо развитым гумусовым горизонтом (~20 см). Однако, в современной

почве насыпи отсутствуют признаки образования отбеленного горизонта, кутан и присыпки. Насыпь состоит из материала разнородных почвенных горизонтов, выделяются слои белесого, краснокирпичного цвета с прослоями углистых частиц. По левой и лицевой стенке погребенная почва перекрыта фрагментарным слоем углей, размером от 2 до 5 см. По правой стенке по кровле погребенной почвы обнаружен кусочек керамики (3,5x4 см) треугольной формы. Разрез заложен по бровке раскопа археологов 1956 года (рисунок 3.4 б). В процессе раскопа насыпь этом месте была частично удалена, высота сохранившегося вала составляет 120 см. В правой части передней стенки археологами также сделан узкий раскоп, который углубляется в погребенную почву до 60 см (горизонт Bt2) (после проведенных археологических работ он был засыпан гетерогенным прогумусированным материалом). В боковых стенках вскрывается ненарушенная насыпь и погребенная почва. Высота насыпи здесь составляет приблизительно 2-2,2 метра. Граница между погребенной почвой и земляным валом четко разделена слоем толщиной 2-5 см, содержащим уголь и золу, образовавшимся на старой поверхности земли в результате сжигания древесины до строительства насыпи (рисунок 34 б).

Погребенная почва определена как *Glossic, Follic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric)* по WRB (IUSS Working Group WRB, 2015). Палеопочва имеет профиль, аналогичный фоновому разрезу и сформирована на той же породе – покровном суглинке, подстилаемым карбонатным лессом на глубине 120 см (Приложение, таблица 3.1). Профиль почвы имеет хорошо развитый горизонт Ah, аналогичный фоновому, хотя он более компактный (рисунок 3.4 а, б). Горизонт Е также похож на фоновый по толщине и цвету (Приложение, таблица 3.1). Граница между горизонтами Е и Bt такая же резкая, но отбеленность выражена меньше, чем в профиле фоновой почвы (рисунок 3.4, а, г). Горизонты Bt1b и Bt2b схожи и горизонта имеют хорошо сформированную ореховатую блочную структуру, меняющуюся от мелкой к более крупной вниз по профилю (рисунок 3.4. е). Структурные блоки в нижних горизонтах покрыты многослойными глинистыми кутанами и немногочисленными скелетанами. Наличие и количество железомарганцевых конкреций аналогично фоновой почве. Во всех верхних горизонтах наблюдается вскипание из-за диагенетических карбонатов, выщелоченных из насыпи земляного вала. Граница между покровным суглинком и карбонатным лессом (горизонт 2Akb) является резкой (рисунок 3.4). Лессовый материал характеризуется высокой пористостью. Как и в фоновой почве, карбонаты пропитывают матрицу и образуют псевдомицелий, мягкие конкреции и журавчики. Измерения мощности верхних горизонтов, выполненные на трех стенках погребенной почвы с интервалами в 10-15 см, дали следующие значения: для горизонта Ahkb разброс мощностей составлял 3-6 см относительно среднего значения 4,5 см (34 измерения). Для горизонта Ekb разброс мощностей составлял 7–14 см относительно среднего значения 9,8 см (29 измерений).

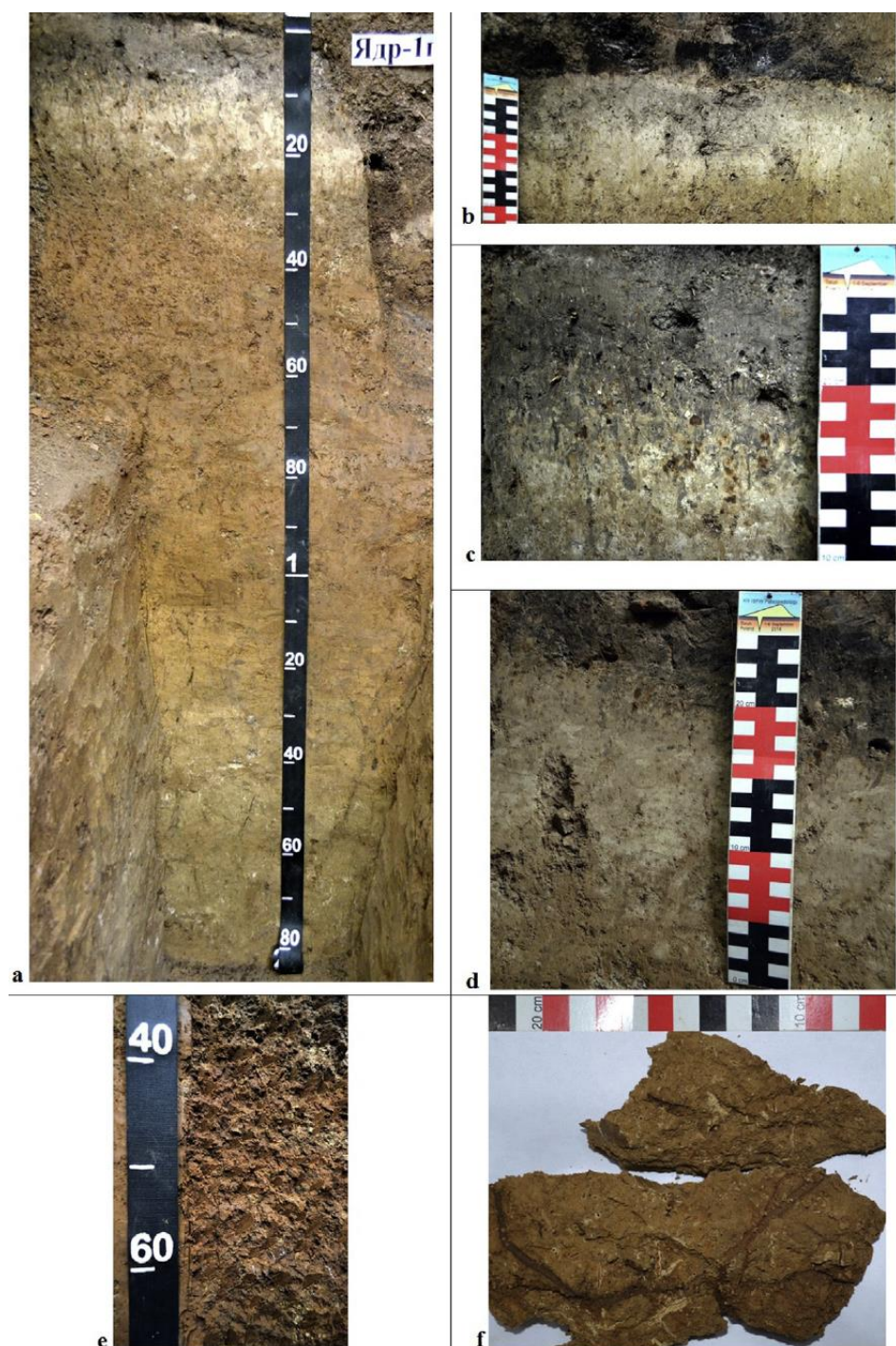


Рисунок 3.4. Профиль погребенной почвы. (а) общий вид Glossic, Follic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric; (b) - слой золы на границе земляного вала и погребенной почвы; (с) - хорошо развитый гумусовый горизонт погребенной почвы; (d) - горизонт Ekb; (e) – ореховатая структура в горизонте Btkb; (f) - лессовый слой с ризолитами (горизонт 2Ahkb).

Подраздел 3.2.2 Микроморфологическое описание почв Сареевского городища

В покровных суглинках в основной массе преобладают крупная пылеватая фракция с некоторой примесью мелкого и среднего песка (рисунок 3.5). В некоторых частях основной

массы обнаруживаются скопления средних песчинок с кольцевым распределением (рисунок 3.5 d, 3.6 d). Кварц и полевой шпат преобладают среди крупных зерен с единичными зернами эпидота. Большинство грубых зерен немного окатаны. Подстилающий материал карбонатного лесса характеризуется тем же некомпактным порфировидным микросложением. Глауконитовые зерна появляются среди крупных зерен в нижней части горизонтов E/Bt и Btkb. Песчаные зерна имеют кольцевое распределение в горизонтах, образованных в карбонатном лессе (рисунок 3.7 a, b). Зерна кварцевого песка часто разрушены в нижней части профиля, начиная с горизонта Bt2 (рисунок 3.6 d). В целом, микроморфология подтверждает, что погребенная и фоновая почвы образовались в схожих отложениях.

Микроморфологический анализ также подтверждает, что обе почвы соответствуют диагностическим критериям для *Retisols*. Основная масса верхних горизонтов (Ah, Ahkb, E, Ekb) состоит в основном из пылеватых зерен; микромаасса отбелена и имеет низкое двупреломление (рисунок 3.5). Свойства *retic* (сетчатое распределение языков из горизонта E) хорошо видны на границах горизонтов (E/Bt, E/Btkb), где трещины и поры заполнены непокрытыми пылеватыми зернами (скелетанами), перекрывающими глинисто-гумусовыми кутанами (рисунок 3.6 a, b). Горизонты Bt1, B1tkb, Bt2 и B2tkb характеризуются хорошо выраженными волокнистой и чешуйчатым типами ориентации тонкодисперсной массы и глинистыми пленками на поверхностях педов (рисунок 3.6 c, d). Глинистые пленки в горизонтах BtC, BCtkb в основном тонкие как в фоновой, так и погребенной почвах (рисунок 3.7 a, b). В фоновой почве обогащенные гумусом глинистые кутаны прослеживаются до горизонта Bt2.

Микростроение карбонатного лесса характеризует погребенную доголоценовую почву (рисунок 3.7 c, d). Горизонты 2Ahkb как в фоновой, так и в погребенной почве характеризуются тонкой зернистой микроструктурой и обильным скоплением карбонатов (пропитка, твердые и мягкие новообразования). Глинистые пленки представлены только в закрытых порах. Имеются обильные разбитые кварцевые зерна и круговое распределение песка и ила в основной массе и вокруг пор.

Как фоновая, так и погребенная почвы имеют характеристики, присущие почвам широколиственных лесов: зернистая микроструктура, обильные ходы дождевых червей (рисунок 3.5 b) и гумусовая пропитка почвенной массы (рисунок 3.5 a). Обильные растительные остатки проявляют разную степень разложенности, в том числе фрагменты древесного угля.

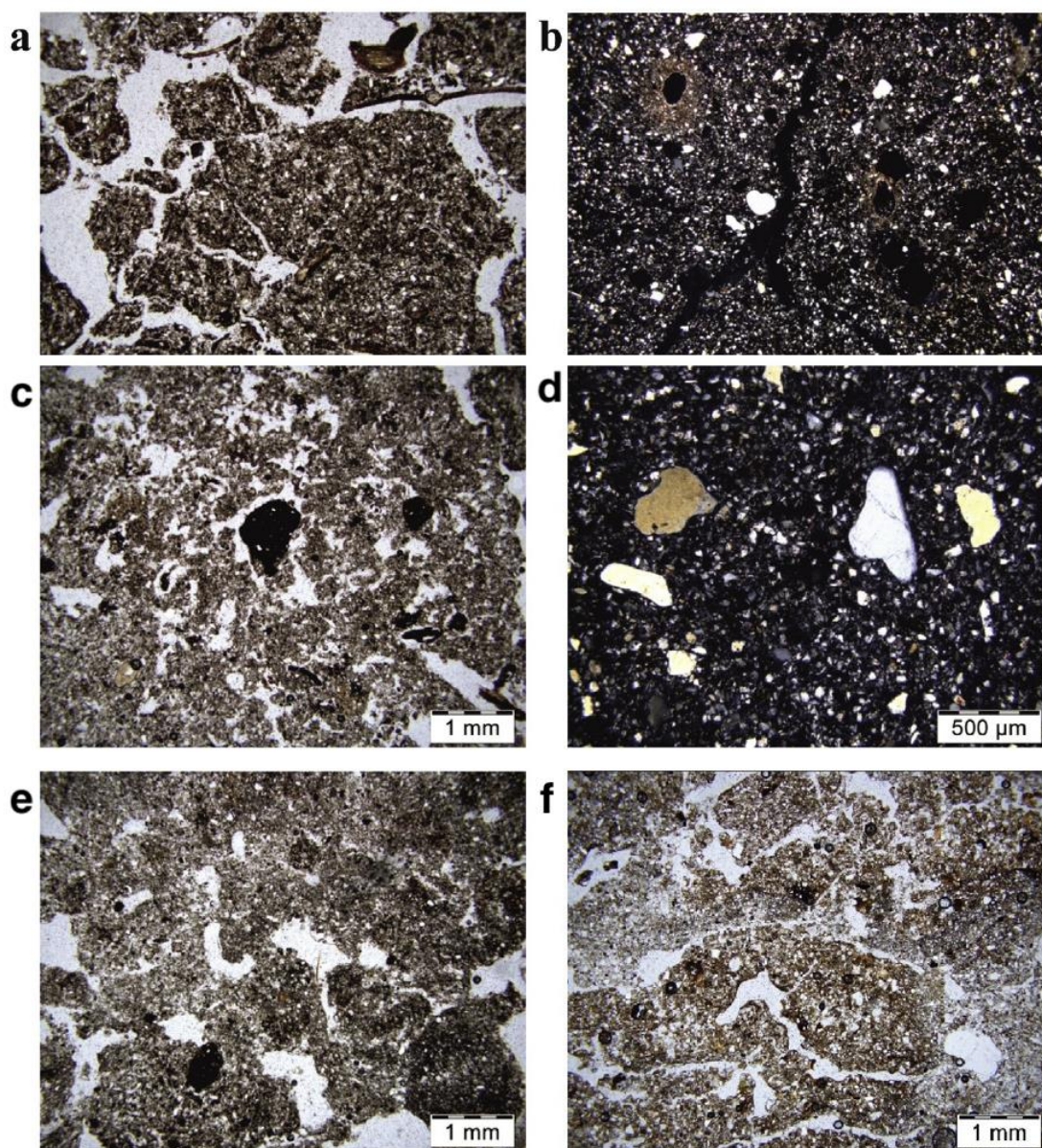


Рисунок 3.5 Фотографии микроморфологических шлифов. Слева – Фоновая, справа – погребенная почва. а – горизонт Ah. Зернистая микроструктура с обильными остатками ходов земляных червей. 4П; b – Горизонт Ahkb. Плотное сложение почвенной массы с сохранившейся зернистой структурой. Карбонатная пропитка и карбонатные новообразования на стенках пор. Обильные слепки дождевых червей. 4Х; c – горизонт AE. Зернистая структура и слепки червей. Обильные углистые частицы и Fe-Mn конкреции. 4П; d – горизонт Ekb. Слегка окатанные песчаные зерна, рассеянные в пылеватой матрице. 10Х; e – горизонт E. Отбеленные зоны и темная почвенная масса. Fe-Mn конкреции. 4П; f – горизонт Ekb. Отбеленная почвенная масса и плитчатая структура. 4П.

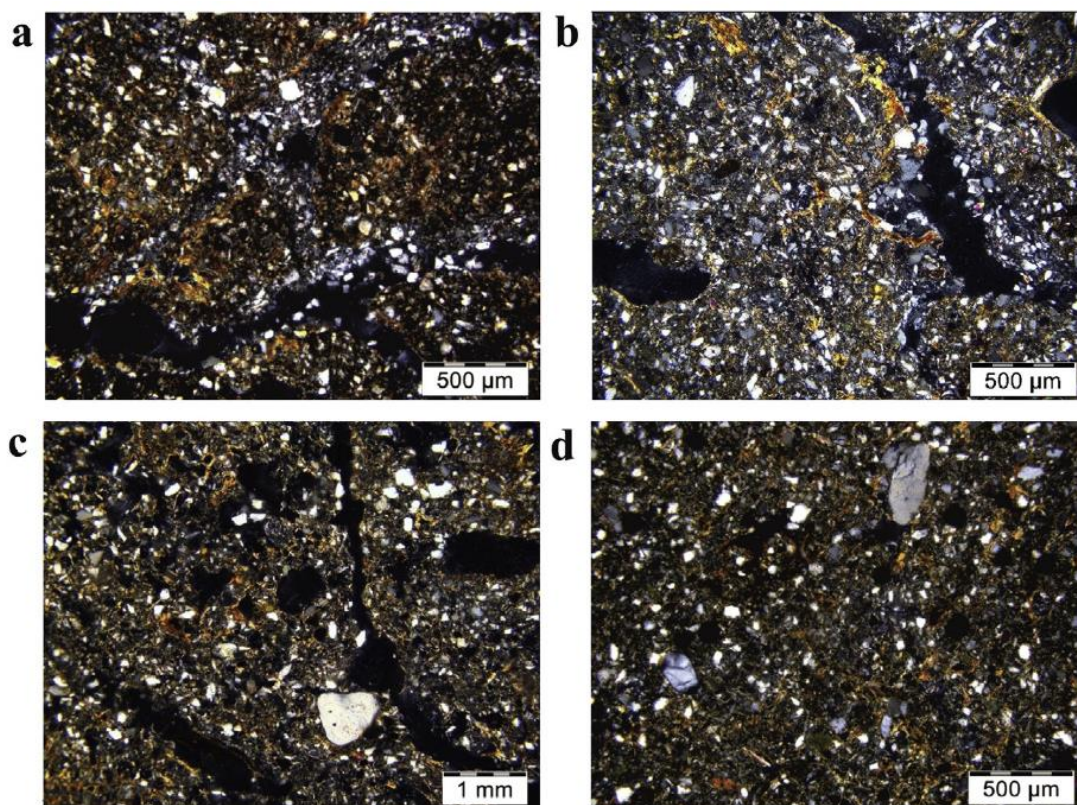


Рисунок 3.6. Фотографии микроморфологических илифов нижних частей изучаемых почв. Слева – фоновая, справа – погребенная почва. а – горизонты E/Bt. Ореховатая структура с непокрытыми скелетами поверх гумусово-глинистых кутан. 10X; b – горизонт E/Btkb. Покровы отбеленных пылеватых зерен и глинистые кутаны в закрытых порах. 10X; c – горизонт Bt2. Тонкие глинистые кутаны. 4X; d - горизонт Btkb2. Тонкие глинистые кутаны в закрытых порах и разрушенные песчаные зерна. 10X.

Погребенная почва была трансформирована после погребения в результате диагенеза. Карбонаты в верхних горизонтах представлены микритовыми покрытиями вдоль стенок пор. Они особенно распространены в горизонтах Akhb и AEkhhb (рис 3.5 b). Основная почвенная масса не имеет карбонатной пропитки, что указывает на то, что карбонаты проникли из участков карбонатного лесса, использованного для строительства вышележащей оборонительной насыпи. После погребения карбонаты в погребенной почве проникли до горизонта BCtkb и слились с карбонатами лессового горизонта (горизонт 2Ahkb). В дополнение к слою древесного угля, самые верхние горизонты содержат обильные фрагменты костей из-за обитания человека. Основная масса в верхних горизонтах погребенной почвы более компактна (хотя зернистые агрегаты все еще видны), а пропитка гумусом менее выражена. Основная масса в горизонтах E / Bt и Bt1 фоновой почвы имеет темный цвет (7,5YR 2,5 / 3; 3/2) из-за обильных глинисто-гумусовых пленок (Приложение, таблица 3.1), в то время как пленки в аналогичных горизонтах в погребенной почве менее темные.

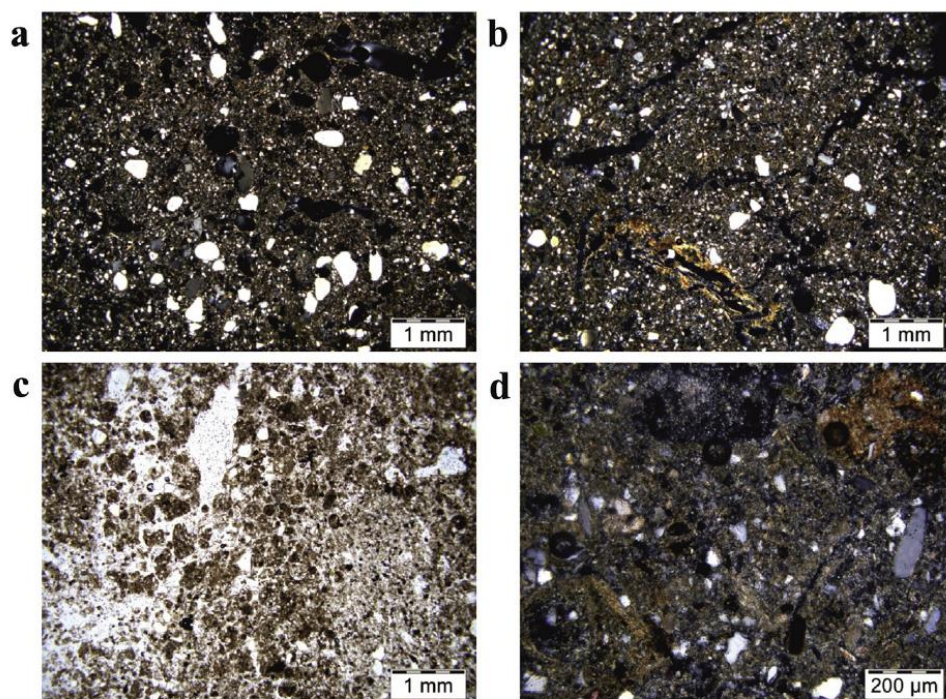


Рисунок 3.7. Микроморфология нижних горизонтов исследуемых почв. Слева - фоновая почва, справа - погребенная. а - горизонт BtC. Массивная структура с преобладанием пылеватых зерен. Кольцевое распределение песчинок. Обращает на себя внимание отсутствие глинистых кутан и отдельных зерен карбоната. 4X; б - горизонт BCtkb. Примесь песчинок кольцевого распределения в основной массе. Многослойные глинистые кутаны присутствуют только в закрытых порах. 4X; в - горизонт 2Ahkb. Зернистые агрегаты, характерные для верхних горизонтов Cryosol. 10П; д - горизонт 2Ahkb с зернистой микроструктурой. 20X

Подраздел 3.2.3. Физико-химические свойства погребенных и фоновых почв Сареевского городища

Гранулометрический состав. Как погребенная, так и фоновая почвы по гранулометрическому составу сформированы в пылеватом суглинке и опесчаненном тяжелом суглинке. Крупная пыль преобладает во всех горизонтах. Соотношение крупной пыли и ила варьируется от 6,3 до 1,0 в фоновой почве и от 4,6 до 1,0 в погребенной, что подтверждает сходство почвообразующей породы. Содержание песка в верхних горизонтах (Ah, AE и E) в 1,5 раза выше, чем в нижних, что может указывать на литологическую неоднородность. Это также подтверждается картиной кривых распределения гранулометрического состава, где в верхних горизонтах обеих почв есть выраженные пики в фракции мелкого песка. Второе увеличение содержания песка происходит в нижележащем лессе. Карбонатный лесс в погребенной и фоновой почвах также показывает общие кривые распределения фракций по размерам (рисунок 3.8).

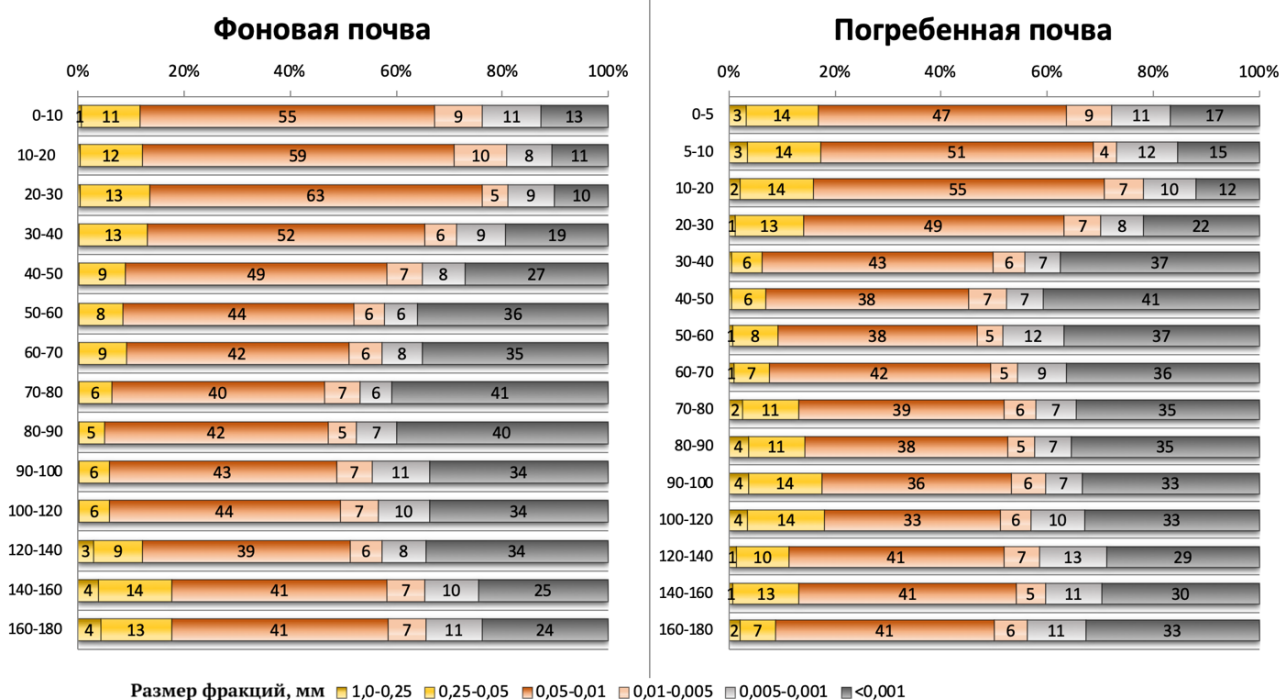


Рисунок 3.8 Гранулометрический состав фоновой и погребенной почв (метод пипетки) ключевого участка - Сареевского городища

В обеих почвах содержание ила в горизонтах Bt превышает таковое в верхних горизонтах более чем на 20% (диагностический критерий литологической неоднородности 2b, IUSS Working Group WRB, 2015). Соотношение крупной пыли и ила также подтверждает эту разницу. Горизонты E в обеих почвах имеют сходную картину в кривых распределения зерен по размерам (рисунок 3.9а). Плотность почвы увеличивается с глубиной вслед за распределением ила. Плотность верхних горизонтов в фоновой почве довольно низкая, что свидетельствует о высокой активности почвенной мезофауны и невысоком содержании ила. Верхние горизонты погребенной почвы значительно более плотные вследствие давления земляной насыпи.

Геохимические индексы. Верхние горизонты как в фоновой, так и в погребенной почве обогащены Si и содержат меньше Fe, Al и Mg по сравнению с горизонтами *argic*. Горизонты Ahkb и AEkb обогащены Ca за счет диагенетического проникновения карбонатов. В карбонатном лессе в обеих почвах отмечено наибольшее содержание Ca. Корреляционный анализ подтверждает, что большинство элементов имеют распределение в соответствии с распределением ила. Небольшое число основных элементов, включая Mn, Ti, K, Ca и P показало плохую корреляцию с илистой фракцией. Фракция ила положительно коррелировала ($p < 0,01$) с основными элементами (Fe, Mg, Al) и широким спектром микроэлементов (V, Cu, Zn, Rb, Y, Pb, Th), что указывает на то, что иллювиальные горизонты обеих почв больше обогащены металлами, чем остальные горизонты. Содержание крупной пыли в двух почвах показало сильную положительную корреляцию с Si и Na ($r = 0,7-0,9$, $p < 0,01$) и с Nb и Zr (в фоновой почве). Связь между илистой фракцией и Na, а также илистой фракцией и Si может быть объяснена обилием относительно стабильных

первичных минералов: полевых шпатов и кварца, относительно накапливающихся в горизонтах E (Hardy and Cornu, 2006). В то же время, фракция ила демонстрирует сильную отрицательную корреляцию с Mg, Fe, Al и микроэлементами. Такая же отрицательная корреляция существует также между Si и Al, Si и микроэлементами, что позволяет предположить, что более высокое отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ можно использовать в качестве индикатора относительного содержания кварца, встречающегося в илистой фракции, по сравнению с глинистыми алюмосиликатами и применять в качестве количественной меры для оценки свойств *retic*, который сильнее проявляется в фоновой почве (рисунок 3.9).

Горизонты Ahkb и AEkb погребенной почвы содержат больше P и Ca, чем аналогичные горизонты фоновой почвы. Обогащение P и Ca было также обнаружено в горизонтах Ekb, E/Btkb и B1tkb, но величина накопления была намного ниже, чем в верхних горизонтах, показывая значения между 2 и 1.1 (Приложение, таблица 3.2). Это связано с тем, что в результате жизнедеятельности в местах обитания древнего человека формируются культурные слои, обогащенные фосфором вследствие поступления на поверхность значительной массы органического вещества, особенно в периферийной части поселений, хозяйственных ямах, жилищах. Содержание фосфора в таких местах превышает фоновое обычно на один-два порядка (Демкин, 1997).

Более высокие концентрации Mg, Mn, Ti и Fe и некоторых микроэлементов, таких как Ni, Cu, Sr, также были обнаружены в горизонтах Ahkb, AEkb. Кроме того, эти горизонты содержали большее количество Zn (горизонт Ahkb) и Cr (горизонт AEkb), что соответствует самым верхним горизонтам фоновой почвы, расположенной за пределами древнего поселения.

Содержание свободного железа в исследуемых почвах относительно низкое и колеблется от 30 до 45% от общего (валового) количества железа (Приложение, таблица 3.3). Свободное железо коррелирует с распределением ила и показывает отчетливый пик в иллювиальных горизонтах. Этот пик наиболее ярко выражен в погребенной почве, где отмечалось более высокое содержание свободного железа по сравнению с фоновой почвой. В верхних горизонтах погребенной почвы были также обнаружены более высокие концентрации свободного железа. Свободное железо в обеих почвах в основном представлено кристаллическими оксидами железа. Активное железо составляет 7-30% от общего количества железа в фоновой почве и только 6 - 14% в погребенной почве. Содержание активного железа и индекс активности железа относительно увеличиваются в самых верхних горизонтах, что особенно заметно в фоновой почве.

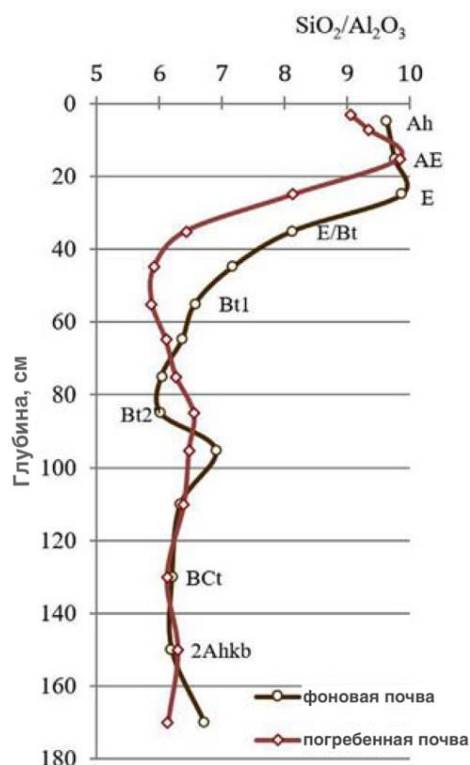


Рисунок 3.9 Распределение отношения по профилю фоновой и погребенной почвы

Другие химические показатели. Верхние горизонты фоновой почвы слабо или умеренно кислые. Горизонты 2Ahkb являются щелочными, что обусловлено высоким содержанием свободных карбонатов в лессе. Верхние горизонты погребенной почвы сильно, а нижние горизонты умеренно щелочные. Содержание гумуса в фоновой почве довольно низкое. Горизонты 2Ahkb погребенной позднеплейстоценовой почвы показывают небольшое увеличение содержания гумуса. Фульвокислоты преобладают в содержании гумуса в фоновой почве, в то время как отношение C/N довольно низкое (Приложение, таблица 3.4). Содержание гумуса в погребенной почве значительно ниже, чем в фоновой. Отношение $S_{гк}/S_{фк}$ в погребенной почве (2,2 в Ahkb и 2,3 в AEhkb) значительно выше, чем в фоновой (0,5). Это связано с тем, что после погребения содержание фульвокислот очень сильно уменьшается, поскольку гуминовые кислоты биотермодинамически более устойчивы (Багаутдинова, 2012)

Подраздел 3.2.4 Содержание микробиоморфов в почвах Сареевского городища

Микробиоморфы были определены в двух образцах в верхних горизонтах (0-2 см) погребенной и фоновой почвы. В фоновом пыльцевом спектре деревья являются доминирующими (78% спектра). Преобладает пыльца сосны (93% от спектра пыльцы, 74% от общего спектра) (рисунок 3.10 а,б). Пыльца других деревьев (ель, береза, дуб, липа) встречается редко, что противоречит растительному покрову ключевого участка. Это означает, что изучаемая область покрыта вторичной растительностью из-за антропогенного воздействия. В недавнем прошлом растительным покровом мог быть сосновый лес с примесью лиственных деревьев.

Лесная растительность также подтверждается обильным наличием спор лесных споровых растений (папоротников и мхов), которые составляют до 21% спектра. В спорово-пыльцевом спектре погребенной почвы деревья являются менее доминирующими (44% вместе с кустарниками), хотя сосна все еще доминирует (77%). Доля трав несколько выше (5%). Наибольшее различие заключается в преобладании спор папоротников и мхов, которые составляют до 51% спектра. Фоновая и погребенная почвы имеют схожий набор фитолитов, характерные для лесов с травянистым покровом (рисунок 3.10 e,f). Фитолиты сорняков присутствуют на поверхности почвы. Обилие мхов можно объяснить вырубкой деревьев до строительства земляного вала.

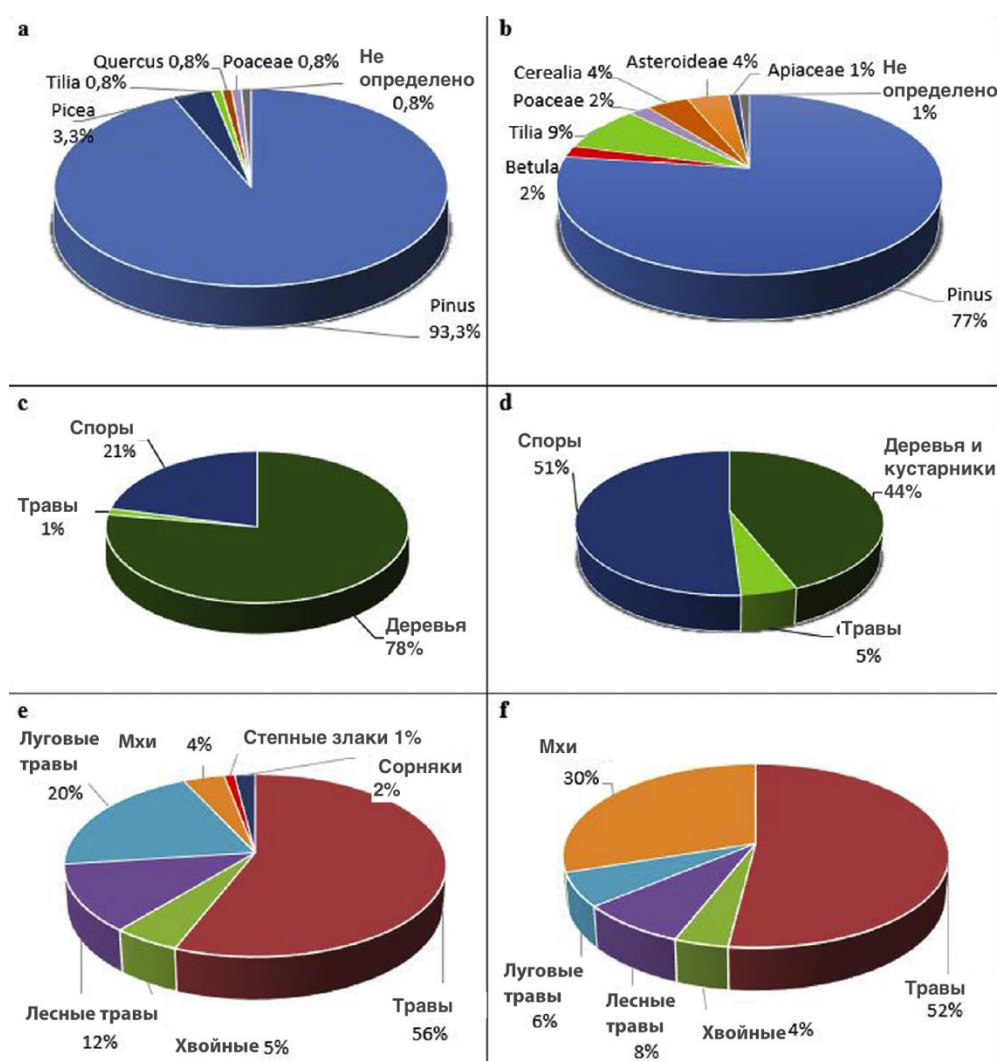


Рисунок 3.10. Микробиоморфные данные для фоновой (слева) и погребенной (справа) почв. a, b - соотношение таксонов в спорово-пыльцевом спектре; c, d - соотношение основных групп в спектре споро-пыльцы; e, f - состав комплекса фитолитов.

Подраздел 3.2.5. Палеоландшафтная реконструкция почв Сареевского городища

Обе почвы сформировались на одинаковой поверхности со схожей топографией (узкий мыс, примыкающий к крутым склонам) и образовались в покровных лессовидных суглинках, подстилаемых карбонатным лессом на глубине 140 см. Как морфология, так и характер распределения гранулометрических фракций показывают, что горизонты в погребенной и фоновой почве идентичны.

Несмотря на близость к крутым склонам, обе почвы не срезаны. Хорошая сохранность и отсутствие эрозии подтверждается крайне низкой изменчивостью мощности верхних горизонтов почвы по всем стенкам почвенных разрезов. Сходные глубины залегания погребенной доголоценовой почвы (140 см в обеих почвах) также доказывают отсутствие эрозии. Таким образом, горизонты как поверхностной, так и погребенной почвы формировались на поверхности до строительства укрепления. Сходство материнских пород и топографии позволяет связать возможные педогенные различия между погребенной и фоновой почвами либо с изменениями окружающей среды, которые произошли после времени погребения, либо с продолжительностью педогенеза. Радиоуглеродное датирование, выполненное для древесного угля, обнаруженного на поверхности погребенной почвы, согласуется с археологическими артефактами, обнаруженными в крепостной земляной стене поселения Ножа-Вар (Соловьев, 2015). Почва была погребена в начале железного века, во времена сарматской культуры.

В соответствии с характеристиками почвы, микробиоморфные данные показали сходство условий окружающей среды между настоящим и прошлым временем. Обе почвы сформировались под лесной растительностью (рисунок 3.10). Микробиоморфный анализ выявил несоответствие между современным сообществом широколиственных лесов и пыльцевым и фитолитными спектрами фоновой почвы. Это несоответствие отражает антропогенное вмешательство, которое произошло в недавнем прошлом. Территория поселения использовалась в качестве пахотной земли в середине 20-го века (Соловьев, 2015). Большую часть времени, начиная с раннего железного века, фоновая почва, так же, как и погребенная, формировалась под лесной растительностью.

Как погребенная, так и фоновая почва представляют собой *Retisols*, имеющие сходные профили и горизонты (Приложение, таблица 3.1, рисунок 2, 4). Морфологические и аналитические особенности подтверждают, что почвы имеют сходную литологическую неоднородность между верхним (Ah, E) и нижним (*argic*) горизонтами (рисунок 3.8). Большинство геохимических параметров (концентрации элементов, распределение их по глубине) в погребенных и современных фоновых почвах схожи (Приложение, таблица 3.3). Глинистые кутаны в иллювиальных горизонтах выражены аналогично (рисунок 3.7). Более

высокое соотношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и различия в мощности горизонта Е (в фоновой почве до 30 см, в погребенной до 20 см) согласуются с лучшей выраженностью скелетан в фоновой почве (Приложение, таблица 3.1, 3.2). Более высокий уровень педогенного (в основном кристаллического) железа может указывать на то, что погребенная почва развивалась в более влажных условиях. Этот вывод также подтверждает тот факт, что по сравнению с фоновой в погребенной почве содержится больше железомарганцевых конкреций. В дополнение к этим различиям можно сделать вывод, что *Retisols* уже сформировались в этом районе еще до раннего железного века, и в отличие от почв степных и лесостепных районов, не претерпели заметных преобразований позднее из-за относительной устойчивости условий окружающей среды.

Несмотря на сходство между фоновой и погребенной почвами, диагенетические процессы значительно трансформировали последнюю после захоронения. Диагенез рассматривается как совокупность всех химических, физических и биологических процессов, которые изменяют почву после захоронения более молодыми отложениями (Paleopedology Glossary, 1997). Микроморфологический анализ показывает, что помимо слоя древесного угля и кусочков керамики на старой поверхности погребенных артефактов (фрагменты костей, уголь и мелкие керамические кусочки) смешиваются с почвенным материалом верхних горизонтов. Верхние горизонты погребенных почв более плотные, а основная масса более компактная из-за уплотнения после погребения (Приложение, таблица 3.4). Присутствие карбонатов и высокие значения pH в верхних горизонтах погребенной почвы ясно указывают на диагенетическое преобразование после погребения (Приложение, таблица 3.4). Карбонаты поступили с карбонатного лесса, использованного для строительства земляной насыпи. Они особенно распространены в верхних горизонтах (Ahkb и AEhkb) погребенной почвы. Уменьшение органического вещества в погребенной почве из-за ее разложения хорошо документировано. Так, известно, что за 300 лет погребенные гумусовые горизонты сохраняют примерно 70% первоначального содержания гумуса, а через 4000 лет - только 40% (Глазовская, 2009). Снижение содержания органического вещества в почвах примерно на 50% также было задокументировано Breuning-Madsen et al. (2009). Содержание органических веществ в погребенной почве значительно ниже из-за минерализации и недостаточного поступления свежего органического материала. Гумус погребенных горизонтов обогащен гуминовыми кислотами, которые более устойчивы к диагенезу по сравнению с фульвокислотами (Приложение, таблица 3.5).

Смесь артефактов (кости, древесный уголь, зола) химически обнаруживается в верхних горизонтах погребенной почвы с очень высокими концентрациями некоторых основных (P, Ca, Mg) и микроэлементов (Sr, Cu, Ni, Zn, Pb). Микроморфологический анализ подтверждает, что высокие концентрации P в погребенных почвах являются полностью антропогенными: верхние горизонты содержат много фрагментов кости. Хорошо известно, что почва археологических

памятников обычно обогащена Р, и его высокие концентрации могут использоваться в качестве индикатора антропогенного воздействия (Canti and Huisman, 2015; Демкин, 1997). Более высокое содержание металлов в верхней части погребенного профиля почвы совпадает с признаками пожара, обнаруженными как в макро-, так и в микроморфологическом анализе (верхние горизонты погребенной почвы содержат обильные частицы угля) и могут быть связаны с присутствием древесной золы, которая содержит не только Са и Р, но также и дополнительные количества некоторых микроэлементов (Kabata-Pendias A., Pendias, H., 2001). По сравнению с погребенной почвой увеличение активного железа и индекса активности железа более выражено в верхних горизонтах фоновой почвы.

Последовательность горизонтов и все основные характеристики изученных почв уже сформировались до раннего железного века, вероятно, в результате всего голоценового почвообразования. В течение последних двух тысяч лет произошло усиление свойств *retic*. В то же время погребенная почва находилась под влиянием антропогенного воздействия до строительства земляной стены и впоследствии глубоко трансформировалась в результате ряда диагенетических процессов.

Выводы

Обе почвы, рассмотренные в данном разделе, образовались на одинаковых поверхностях с однородной литологией (лессовые отложения), на одной высоте и в непосредственной близости друг от друга. Это позволяет связать возможные различия в почвах либо с изменениями окружающей среды, либо с продолжительностью почвообразования. Несмотря на сложный характер почв на исследуемой территории (*Chernozems*, *Phaeozems* и *Retisols* в непосредственной близости от ключевого участка), погребенные и фоновые *Retisols* существенно не различаются по морфологическим и аналитическим характеристикам. Свойства изученных почв свидетельствуют о стабильности ландшафта на южной границе лесной зоны, что соответствует другим палеоклиматическим свидетельствам (пыльца, фитоциты). Педогенная эволюция с раннего железного века привела к и чуть более глубокому выщелачиванию карбонатов в фоновой почве по сравнению с почвой, которая была погребена во время раннего железного века.

Различия между фоновой и погребенными почвами включают доказательства антропогенного воздействия в погребенной почве и диагенетические преобразования. Диагенез в погребенной почве включает уплотнение основной массы и накопление карбонатов в верхних горизонтах, снижение содержания органического вещества при селективном относительном накоплении гуминовых кислот.

Климат последнего тысячелетия на южной окраине лесной зоны характеризовался серией кратковременных теплых и прохладных интервалов, однако с небольшой амплитудой

восстановленных изменений температуры (Новенко с соавт., 2015). Влияние этих климатических колебаний на почвы и ландшафты лесной зоны не было обнаружено в двух почвах городища Ножа-Вар. Либо климатические циклы были недостаточно выражены, либо почвенные характеристики не были чувствительными к изменениям окружающей среды в этом временном интервале. Это исследование свидетельствует о том, что ландшафтные сдвиги на Русской равнине во второй половине голоцена не затронули южную часть лесной зоны. Хотя ряд лабильных признаков мог появляться и исчезать под влиянием голоценовых климатических циклов (например, увеличение содержания гумуса и меньшее выщелачивание карбонатов во время сухих периодов) (Makeev et al., 2018).⁸

Раздел 3.3 Таушкасинский курганный могильник

Местоположение и характеристики кургана. Таушкасинский курганный могильник относится к Цивильскому району республики Чувашия. Он расположен на правом берегу реки Малый Цивиль в 3-4 км к западу от деревни Таушкасы. Хронология включает в себя фоновую и погребенную почву под курганом, который принадлежит к крупному Абашевскому курганному могильнику (Бронзовый век), расположенному рядом с поселением Таушкасы и датированным археологами 3-м или началом 2-го тысячелетия до нашей эры.

Погребенная почва была исследована на поверхности высотой 150 м над уровнем моря под курганом юго-западной группы Таушкасинского курганского могильника в непосредственной близости от склона долины реки Малый Цивиль. Кургана (рисунок 3.11) имеет сохранившуюся высоту 1,7-2 м, округлую форму и уплощенную вершину. Его диаметр у основания достигает 7-8 метров. Кургана был исследован археологами в 1927 году, однако техника раскопок (метод «колодца»), которая была распространена для ранних археологических исследований, не затронула большую часть кургана; нарушения были обнаружены только в центральной части кургана. В 2-х метрах от основания кургана был заложен разрез фоновой почвы. Обе почвы находились в одном лесном массиве на схожем топографическом уровне и, были сформированы на супесчаном элюво-делювии пермских карбонатных пород, подстилаемом плотной плитой карбонатных пород. В ходе проведения рекогносцировочных исследований было заложено 10 прикопок в пределах 500 м по регулярной сетке, что позволило выбрать почвенный

⁸ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Makeev A.O., Aseyeva E.N., Rusakov A.V., Sorokina K.I., Puzanova T.A., Khokhlova O.S., Kust P.G., Kurbanova F.G., Chernov T.I., Kutovaya O.V., Lebedeva M.P., Mihailov E.P. The environment of the Early Iron Age at the southern fringe of the forest zone of the Russian Plain. Quaternary International, Pergamon Press Ltd. (United Kingdom), 2018 c. 1-20. IF – 2,190 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.04.002> Личный вклад автора составляет 20%

ареал, отличающийся единообразием почвообразующих пород в пределах единой геоморфологической поверхности (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 Слева – карта расположения опорных точек. Синие звезды – поверхностное опробование курганов, красные – прикопки до 20 см фоновых почв. Справа – изучаемые курган бронзового века

Датировка была получена для органических (гуминовых) кислот, выделенных из гумусированного материала заполнения погребальной камеры. Полученный возраст (4425 ± 50 лет BP) указывает на то, что почва была погребена не ранее начала (или первой половины) суббореального периода.

Подраздел 3.3.1. Морфологическое описание почв Таушкасинского курганного могильника

Фоновая почва с последовательностью горизонтов Ah-AhB-Bw-C1-C2-C3-R (рисунок 3.12) представляет собой *Folic Eutric Cambisol*. Почва сформирована на возвышенном склоне с уклоном менее 5° под широколиственным лесным сообществом с кленом остролистным *Acer platanoides* и дубом черешчатым *Quercus robur* в качестве доминирующих видов деревьев с примесью липы сердцевидной *Tilia cordata* и вяза *Ulmus laevis*. Песчаные или супесчаные отложения представляют собой основной материал, который подстилается карбонатной плитой песчаника на глубине 130 см (горизонт R).

Сам профиль почвы не вскипает от HCl, вскипают только обломки песчаника и карбонатная плита. Верхняя часть профиля состоит из темно-коричневого (10 YR 2/2) горизонта Ah с зернистой структурой, переходящей в пятнистый темно-коричневый горизонт AhB (рисунок 3.12a). Мощность горизонта Ah колеблется от 7 до 12 см (до 16 см в прикопках). Ниже горизонта AhB находится относительно мощный (16-20 см) горизонт Bw, расположенный над почвообразующими породами. В отличие от горизонтов C, горизонт Bw имеет красноватый цвет (5YR 4/4), но слабо структурирован и содержит диффузные темно-коричневые гумусовые пятна (Приложение, таблица 3.6). Красноватый оттенок мог образоваться в результате выветривания или трансформации первичных минералов, образующих покровы из оксидов и гидроксидов

железа. С глубины 42-48 см начинается серия горизонтов С. Желтоватые горизонты С1 и С2 с текстурой песчаного суглинка или суглинистого песка содержат фрагменты песчаника диаметром до 10 см от слабо до сильно выветрелого (рисунок 3.12 б, в). Темный цвет этих зон подразумевает наличие органических соединений и/или оксидов марганца. Самый нижний горизонт С3, находящийся над плитой карбонатного песчаника, в отличие от горизонтов С1 и С2, характеризуется зеленоватым цветом, типичным для восстановительных условий. На поверхности плиты песчаника прослеживаются толстые, сплошные темные пятна (рисунок 3.12д).

Общая глубина раскопа кургана достигла почти 230 см. Материал насыпи представляет собой молодую почву (*Folic Umbrisol*) (рисунок 3.13 а) со свойствами, схожими с почвами окружающей поверхности. Далее верхние горизонты Ah-AhC1-AhC2 сливаются с хорошо стратифицированными слоями, представляющие собой курганную конструкцию.

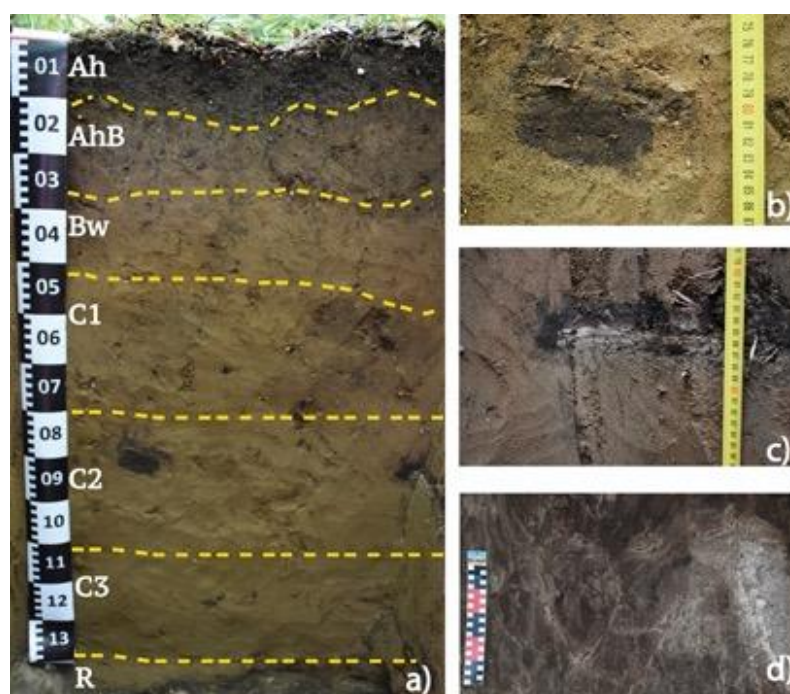


Рисунок 3.12 Фоновая почва (*Folic Eutric Cambisol*). а - общий вид профиля почвы; (б) сильно выветрелый обломок песчаника в виде большого темного пятна в горизонте С2; (в) обломок выветрелого песчаника; (г) консолидированная карбонатная плита песчаника (вид сверху; обращают на себя внимание темные пятна на белесой поверхности песчаника).

Высота насыпи составляет 165 см и отделяется от погребенной почвы бледно-коричневым слоем толщиной 2-5 см. Благодаря наличию этого слоя погребенная почва была идентифицирована в двух стенах раскопок - западной и северной (рисунок 3.13 а). Также как и в фоновой почвообразование погребенной почвы ограничено карбонатной плитой песчаника, которая располагается на глубине на 130 см в обеих почвах. Погребенная почва на северной стенке разреза была частично нарушена как древней антропогенной деятельностью, связанной со возведением кургана, так и более поздней, связанной с раскопками археологов в 1927 году,

поэтому общая ширина нетронутой погребенной почвы в северной части стены меньше (80 см), чем в западной (125 см).

Погребенная почва была идентифицирована как *Folic Eutric Cambisol Protocalcic*. Была выделена следующая последовательность горизонтов: Ahb-AhBb-Bwb-BCb-Cb-Ckb-R (рисунок 3.13 а, Приложение, таблица 3.6). Весь профиль почвы слабо оструктурен. Верхний горизонт Ahb имеет более темный цвет (от черного до очень темно-коричневого, 7,5 YR 2,5 / 1-2), чем аналогичный горизонт фоновой почвы, однако мощности горизонтов почти равны (около 10 см).



Рисунок 3.13 Общий вид разреза (глубина 295 см), сделанного в кургане при полевых исследованиях (а) и профиль погребенной почвы (б – г). (а) слоистый материал насыпи и погребенная почва (*Folic Eutric Cambisol Protocalcic*) обнаженная в западной (слева) и северной (справа) стенах. Обращает на себя внимание бледно-коричневый слой толщиной 2–5 см, отделяющий погребенную почву от насыпи и погребение, заполненное темным материалом на северной стене (обозначено красной стрелкой); б - общий вид профиля погребенной почвы; (в, г) обломки карбонатного крупнозернистого песчаника в горизонте Ckb.

Переходный горизонт AhBb характеризуется наличием гумусовых пятен и слабой горизонтальной делимостью, которая была сформирована в результате исходного наслоения, наблюдаемого в твердых осадочных породах. Наличие оксидов марганца в виде тонких мягких конкреций указывает на смену условий увлажнения. Следующий горизонт Bwb также содержит слабые признаки горизонтальной слоистости. Этот горизонт содержит очень мелкие фрагменты литогенного материала (карбонатного и некарбонатного) и признаки прежней активности мезофауны. Горизонт BCb с желтовато-коричневым цветом граничит с горизонтом Cb, который также содержит небольшие марганцевые конкреции. Последний горизонт Ckb также, как и в

фоновой почве, характеризуется зеленоватым оттенком, что указывает на восстановительные условия. Помимо этого, в горизонте встречаются многочисленные карбонатные грубые обломки песчаника (рисунок 3.13 b-d), внутриведная масса характеризуется вскипанием от HCl.

Подраздел 3.3.2 Микроморфологическое исследование почв Таушкасинского курганного могильника

Изучение микростроения подтверждает, что обе почвы были сформированы в схожих отложениях, которые образовались в результате выветривания сильно сцементированного песчаника (рисунок 3.14 А). Крупный материал в цементированном песчанике имеет тенденцию к субгоризонтальному залеганию, все минеральные зерна покрыты очень тонкими железистыми кутанами (рисунок 3.14 А, В), вероятно, из-за выветривания первичных минералов. Выветривание песчаника привело к появлению рыхлых морфонов с преобладанием песчинок размером 120-170 мкм в диаметре. Большинство крупных зерен лишь слегка окатаны и сохраняют свою форму, некоторые зерна имеют признаки выветривания, что проявляется в трещиноватости. Минеральный состав крупной фракции существенно не меняется вдоль почвенных профилей: он состоит из кварца (70%), полевого шпата (15%) и других непрозрачных минералов с высоким содержанием железа (рисунок 3.14 В). Фрагменты выветрелого песчаника хорошо сохранились в нижних частях обоих профилей: в фоновой почве начиная с 95 см, в погребенной почве со 110 см и глубже (рисунок 3.14 С). Во внутренних (консолидированных) частях фрагментов и в их внешних частях (с более рыхлой почвенной массой) наблюдается субгоризонтальное залегание крупных зерен, унаследованных от твердых пород. Это залегание прослеживается в профилях погребенной и фоновой почв на глубине ~ 80 см.

В профилях представлены разные формы карбонатов - первичные (литогенные) и вторичные (педогенные). В фоновой почве конкреции первичных карбонатов с размытой границей находятся между 90-130 см, полученными из преобразованных фрагментов песчаника, описанных выше (рисунок 3.14 Е). Погребенная почва содержит в основном первичные карбонаты, но также обнаруживаются вторичные карбонаты, присутствующие в виде: а) крупных (толщиной до 1,5 см) микритовых конкреций во внутриведной массе, б) покровов на стенке слабо развитых пустот (рисунок 3.14 F). Последние, как правило, имеют форму корневых чехликов.

Помимо различий в карбонатных формах, погребенные и фоновые почвы могут различаться по другим признакам, включая микросложение, тип и распределение тонкодисперсного материала. Микроструктура верхнего горизонта в погребенной почве уплотнена вследствие диагенеза и очень биотурбирована. Тем не менее, есть признаки умеренно разделенной зернистой микроструктуры (рисунок 3.15 А). В горизонте Ah фоновой почвы

микроструктура сильно отделена только в самых верхних 5 см, в то время как остальная часть горизонта имеет слабо выраженную ореховатую микроструктуру. (рисунок 3.15 В).

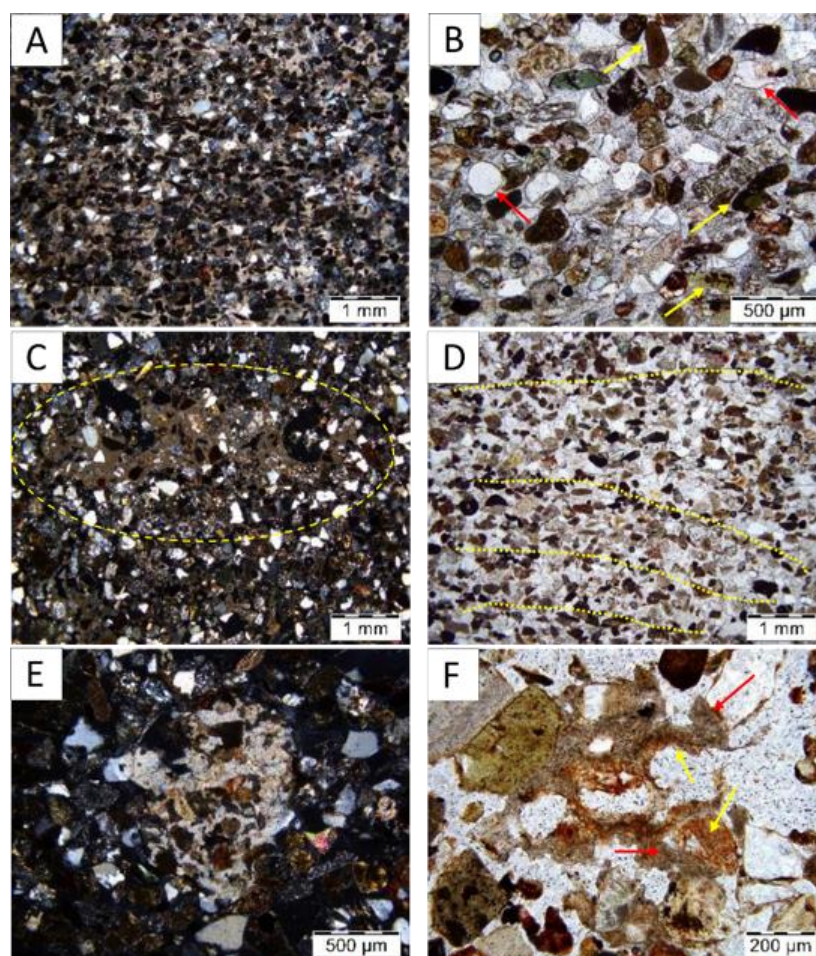


Рисунок 3.14. Фотографии илифов основной массы в фоновой (А, В, С) и погребенной почве (D, E, F). (А, В) Фотографии илифов горизонта С3 фоновой почвы на глубине 125–130 см: карбонатная сильно сцементированная плита песчаника; NX (А); Минеральный состав карбонатной плиты; NII (В): 1) непрозрачные песчинки (отмечены желтыми стрелками), тонкие покрытия на минеральных зернах (отмечены красными стрелками). (С) Фотографии илифов горизонта С2 фоновой почвы на глубине 95 см: фрагменты выветрившейся карбонатной плиты песчаника; NX (D, E) Фотографии илифов горизонта С_{kb} погребенной почвы на глубине 110-115 см: состав исходного материала с тенденцией песчинок к расслоению NII (D), выветрелые первичные карбонаты; NX (E). (F) Фотографии илифов горизонта С_b погребенной почвы на глубине 60-65 см: вторичные карбонатные конкреции (отмечены красными стрелками). Также обращают на себя внимание остатки современных корней во внутренней части (отмечены желтыми стрелками).

Верхние горизонты двух почв также различаются по типам тонкодисперсного материала. В погребенной почве верхний горизонт содержит очень хорошо развитый темно-коричневый гумус (мюллер), состоящий из темных частей (рисунок 3.15 А, С), что указывает на его формирование в продуктивной экосистеме. В фоновой почве тонкодисперсная масса содержит

коричневый гумус (модер), в том числе большое количество мелких одиночных темных частиц и растительных остатков разной степени разложения (рисунок 3.15 В, D).

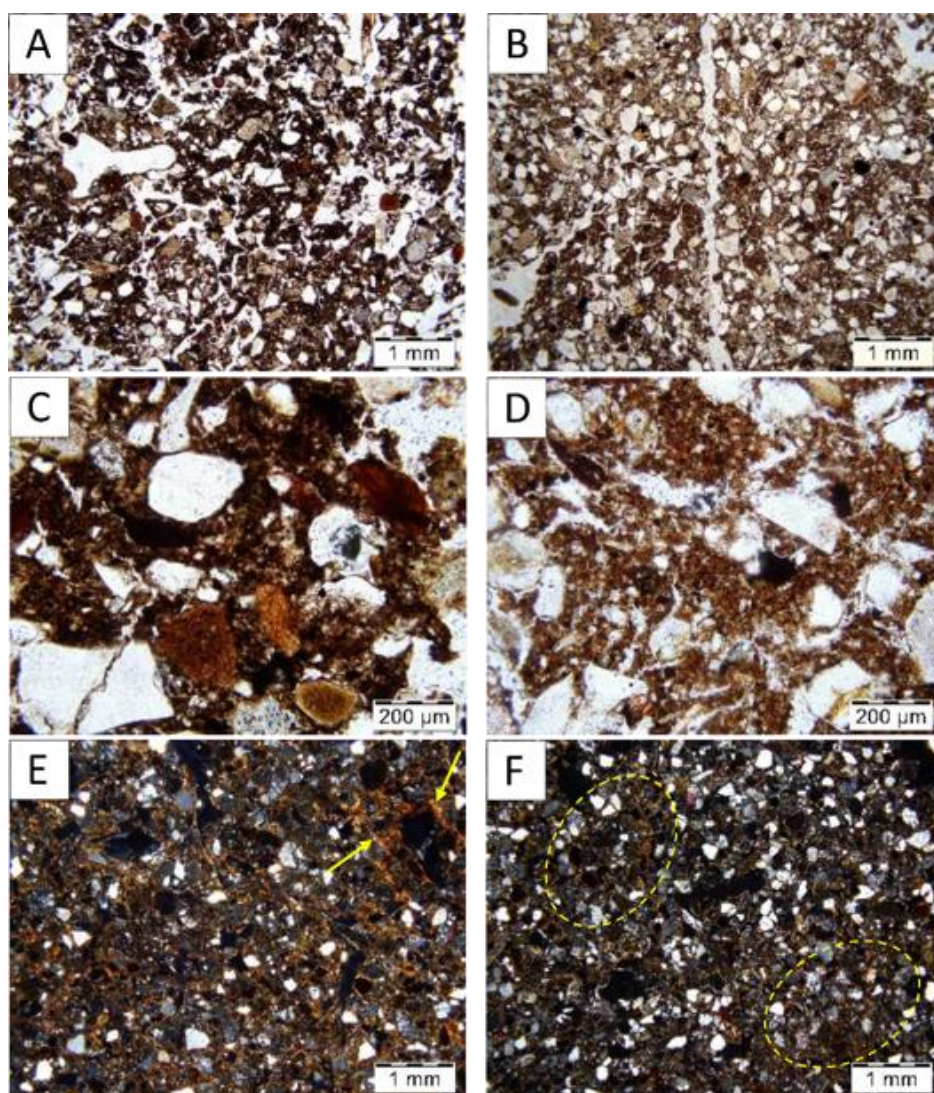


Рисунок 3.15. Микростроение и особенности тонкодисперсной массы в погребенной (слева, А, С, Е) и фоновой почве (справа, В, D, F). (А, В) Фотографии шлифов горизонта Ahb (0-5 см) погребенной почвы с умеренно разделенной зернистой микроструктурой (А) и горизонта Ah (3-8 см) фоновой почвы со слабо разделенной ореховатой блочной микроструктурой (В); отмечена разница в цвете тонкодисперсного материала; NII. (С, D) Фотографии шлифов горизонта Ahb (0-5 см) погребенной почвы с темно-коричневым кластероподобным мелким материалом (С) и горизонта Ah (3-8 см) фоновой почвы (D) с коричневым мелким материалом, включая мелкие единичные темные частицы и растительные остатки; NII. (Е, F) Фотографии шлифов нижних горизонтов. Горизонт Bwb (20-25 см) погребенной почвы (Е): тонкодисперсный материал с высоким двупреломлением и пористым вокругскелетным сложением; отмечены тонкие кутаны (указаны желтыми стрелками).

В погребенной почве в горизонте Bwb был обнаружен материал с близким порфиоровидным микросложением. Тонкодисперсный материал, наблюдаемый в этом горизонте, характеризуется высоким двупреломлением с пористой и вокругскелетной ориентацией тонкодисперсной массы и тонкими глинистыми кутанами. Более толстые глинистые кутаны

встречаются на поверхности редких пустотных стенок (рисунок 3.15Е). Небольшие фрагменты горизонта Bwb обнаружены в основной массе даже ниже горизонта Bwb, на глубине 45 см. Нижняя часть фоновой почвы на той же глубине характеризуется одинаковым распределением, равным агрегатно-дисперсному соотношению грубо- и тонкодисперсных частиц. Он имеет гораздо меньшее двупреломление и характеризуется вокругскелетной ориентацией тонкодисперсной массы (рисунок 3.15F).

Количество тонкодисперсного материала уменьшается с глубиной. В верхних 20 см слабокомпактное порфирированное микросложение было отмечено в обеих почвах, но количество тонкодисперсного материала больше в горизонте Ahb по сравнению с горизонтом Ah фоновой почвы. На глубине 30-50 см обнаружены различные типы равноудаленной агрегатно-скелетной микроструктуры. Выпукло-мостиковое микросложение начинается в погребенной почве на глубине 70 см и в фоновой на глубине 85 см. В фоновой почве мелкий материал является более железосодержащим и глинистым, по сравнению с погребенной почвой. В обеих почвах можно увидеть два типа материала на глубине 100-105 см: 1) зоны, где крупные зерна полностью не покрыты (рисунок 3.16А); 2) зоны, где крупные зерна связаны железосодержащими мостиками (рисунок 3.16 В). Это может быть вызвано застоем воды и оглеением на границе с плитой песчаника.

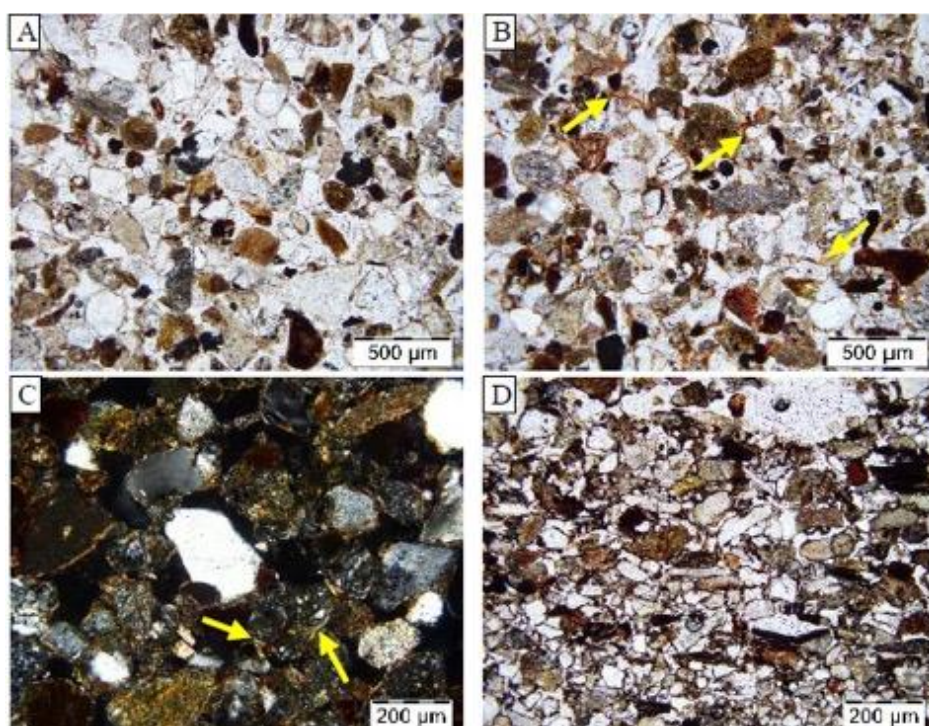


Рисунок 3.16 Почвенные свойства горизонтов C в фоновой почве.

(А, В) Микростроение горизонта C2 (110-115 см). (А) - зона грубого одноразмерного распределения грубо- и тонкодисперсного соотношения, и (В) зона вокругскелетного мостикового микросложения; красно-коричневые цветные соединения между песчинками отмечены желтыми стрелками; III. (С) Микрофотография горизонта C1 (60-65 см) с

признаками застоя влаги, обесцвеченные кутаны отмечены желтыми стрелками; NX. (D) Микрофотография горизонта R (130-132 см); отмечено обогащение темным мелким материалом по сравнению с рисунком 3.14.А; III.

Процессы оглеения также отмечены в нижней части горизонта C2, где тонкие глинистые кутаны покрывают крупные зерна (рисунок 3.16 C); другие зоны обогащены железосодержащим материалом, однако железистые конкреции не обнаружены. На границе с коренными породами песчаника находится зона толщиной 2-4 см, где накапливаются перемещенные органические и подвижные железисто-марганцевые соединения. В результате песчинки покрыты толстыми темными покровами, состоящими в основном из органических веществ (рисунок 3.16 D).

Подраздел 3.3.3 Физико-химические свойства почв Таушкасинского курганного могильника

Гранулометрический состав. В обеих почвах преобладает песчаная фракция (Приложение, таблица 3.12, рисунок 3.17), в частности мелкие и очень мелкие фракции песка (0,25–0,05 мм). Несмотря на это, оба профиля содержат достаточное количество пыли и ила, чтобы классифицировать текстуру двух почв как песчано-пылеватый суглинок или супесь вплоть до глубины 80-90 см. В верхних горизонтах обеих почв общее содержание песка ниже по сравнению с нижними горизонтами. В фоновой почве изменения в вертикальном распределении общего содержания песка довольно плавные по сравнению с дифференциацией в погребенной почве, в которой наблюдается более резкое увеличение крупных фракций в горизонте BCb (рисунок 3.17).

Содержание ила варьирует от 24 до 8% (сверху вниз по профилю) в погребенной почве, по сравнению с 17,5 и 7% в фоновой почве, более высокие значения обнаружены в верхних горизонтах почв (рисунок 3.17). В фоновой почве содержание ила плавно уменьшается в горизонтах C, без заметного накопления в горизонте Bw, в то время как в погребенной почве явный пик содержания ила отмечается в горизонте Bwb. Однако отношение содержания ила в горизонте Bwb к горизонту AhBb составляет 1,1, что классифицируется как очень слабое изменение (IUSS, 2015, Розанов, 2004). В верхних горизонтах почв, до 30 см в погребенной почве и до 40 см в фоновой содержание ила и крупной пыли заметно выше, чем в нижележащих, при этом самое низкое содержание ила наблюдается в горизонтах Cb и C.

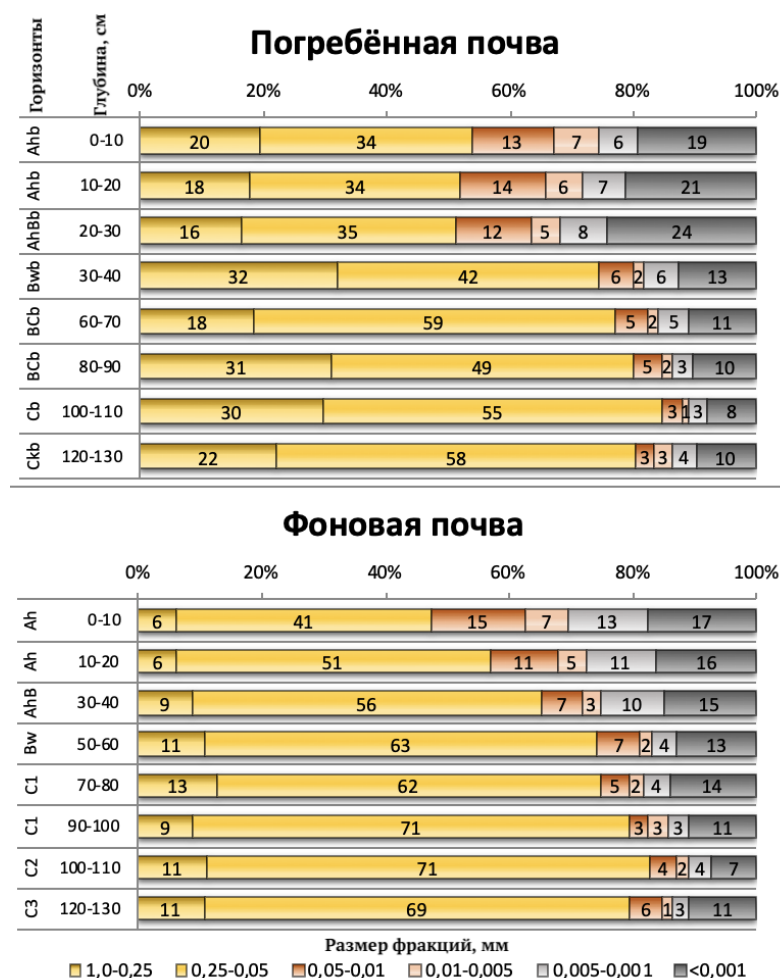


Рисунок 3.17 Гранулометрический состав фоновой и погребенной почв

Радиоуглеродное датирование органических (гуминовых) веществ, выделенных из материала насыпи могилы, показало, что палеопочва была погребена не ранее 4425 + / -50 л.н. (СПб 2455), и относится к началу (первой половине) суббореального периода, что подтверждает археологическую датировку курганов (Приложение, таблица 3.8).

Общие химические свойства почв Таушкасинского курганного могильника

Горизонты Ah, AhB, Bw и C1 в фоновой почве слабокислые до глубины 70 см, а горизонты C2 и C3 - нейтральные.

Карбонаты выщелачиваются из профиля фоновой почвы, за исключением нижних слоев и крупных пятен, где карбонаты все еще встречаются (Приложение, таблица 3.6). Напротив, в погребенной почве умеренно щелочные реакции обнаружены в большинстве горизонтов, количество карбонатов кальция достигает 0,02-0,15%. Горизонт Ckb, имеющий фрагменты песчаника, характеризуется сильнощелочными значениями pH.

Обменные ионы в обеих почвах представлены основаниями: $\text{Ca}^{2+} \gg \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+, \text{K}^+$ (Приложение, таблица 3.7). Содержание Ca^{2+} колеблется от 85-94% в погребенной почве до 86-

90% в фоновой. Кислые катионы (Al^{3+} , H^+) встречаются в незначительных пропорциях (0,1 - 1,4%) только в фоновой почве.

Органическое вещество. Анализ 11 образцов верхних горизонтов фоновых почв, отобранных вокруг кургана, показал, что содержание органического вещества в фоновых почвах колеблется между 4% и 11%, в среднем превышая 6%, что классифицирует фоновые почвы участка исследования как сильно гумусовые. Исследуемая фоновая почва содержит около 5% органического вещества в горизонте Ah (Приложение, таблица 3.7). Содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ сначала резко снижается до 1,5% на глубине 10-20 см, а затем более плавно по направлению к нижней части профиля почвы (0,3%-0,1%), хотя наблюдается неравномерная структура и локальные пики (1-2%) на глубинах 50-60 см и 80-100 см (Приложение, таблица 3.7). По сравнению с фоновой почвой содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ в погребенной почве в ее верхнем горизонте Ahb вдвое ниже из-за биоминерализации после погребения (Иванов, 1992), в то время как сопоставимые количества $\text{C}_{\text{орг}}$ обнаружены в горизонтах C. Распределение гумуса в погребенной почве также неравномерно. Соотношение C:N в верхних горизонтах варьируется от 10:1 (в погребенной почве) до 13:1 (в фоновой почве), что указывает на то, что на обеих почвах содержится гумус типа модер или мюллер.

Анализ фракционного состава гумуса, проведенный для верхних горизонтов обеих почв, выявил, что в фоновой почве содержание органического углерода в разделенных фульво- и гуминовых кислотах практически одинаково (Приложение, таблица 3.13), что характерно для почв, развивающихся под широколиственной лесной растительностью. В погребенной почве соотношение между содержанием углерода в гуминовых и фульвокислотах чрезвычайно высокое: содержание углерода в гуминовых кислотах ($\text{C}_{\text{гк}}$) было почти в 5 раз выше, чем в фульвокислотах ($\text{C}_{\text{фк}}$). Дальнейшее фракционирование гумусовых кислот в верхних горизонтах показало, что большинство из них в погребенной почве сохраняются в виде соединений, связанных с карбонатами Ca (Приложение, таблица 3.12), в то время как в фоновой почве они обнаруживаются связанными как с карбонатами Ca, так и полуторными оксидами.

Элементный анализ. Данные по основным оксидам и микроэлементам представлены в Приложении, таблицах 3.9 и 3.10. Относительно бескарбонатных лессовых отложений, представленных в Среднем Поволжье, остатки песчаника являются более карбонатными и имеют более высокое содержание Na_2O , Fe_2O_3 (в 1,9-1,7 раза), MgO (в 1,3-1,4 раза), P_2O_5 и CaO (в 1,2-1,3 раза выше), а также более высокие уровни содержания таких микроэлементов, как Cr (в 4,7 раза), Ni (в 3,2 раза), V (в 1,4 раза), а также Sr (в 1,5 раза), присутствующего в карбонатном материале, в то время как микроэлементы, которые встречаются в относительно стабильных минералах (Ti, Zr, Nb, Y) или в илистой фракции (Pb, Rb), были обнаружены в меньших количествах (Приложение, таблица 3.10).

Элементы Ti, Zr и Nb, предположительно устойчивые к выветриванию и перемещению (Schaetzl, Anderson, 2005, Sheldon, Tabor, 2009, Marsan et al., 1988), были выбраны для обнаружения литогенной неоднородности (Приложение, таблица 3.11). Отношения этих элементов, рассчитанные для почвообразующих пород, почти равны (Приложение, таблица 3.10), что указывает на то, что отложения, вероятно, были сформированы из одной породы. Кроме того, геохимические индексы показывают очень низкую дифференциацию (в большинстве случаев менее 15%) по профилям почвы, что означает, что литогенная неоднородность отсутствует, а отложения на каждом участке относительно схожи с точки зрения их происхождения (Marsan et al., 1988).

Трансформация верхнего и среднего горизонтов почвы относительно нижних горизонтов почвообразующих пород была оценена с использованием расчета элювиальных / иллювиальных коэффициентов (ЕИК, глава 2) для потенциально подвижных элементов, таких как Na, K, Ca, Mg, Fe и Mn (Приложение, таблица 3.9). Горизонты Ah и Bw двух почв показали отрицательные значения ЕИК для большинства элементов (рисунок 3.18), что свидетельствует о том, что в обеих почвах происходили процессы выщелачивания. Из-за биологических циклов верхние горизонты показали более слабое выщелачивание Ca и K и сильное накопление Mn. Высокие положительные значения, отмеченные для Mn в самом верхнем горизонте фоновой почвы, подчеркивают биогенную аккумуляцию элемента от разлагающегося материала подстилки. В погребенной почве максимальное накопление Mn также наблюдалось в верхнем горизонте. Более глубокие горизонты характеризуются положительными, но меньшими значениями ЕИК для Mn, особенно в горизонте Bw фоновой почвы.

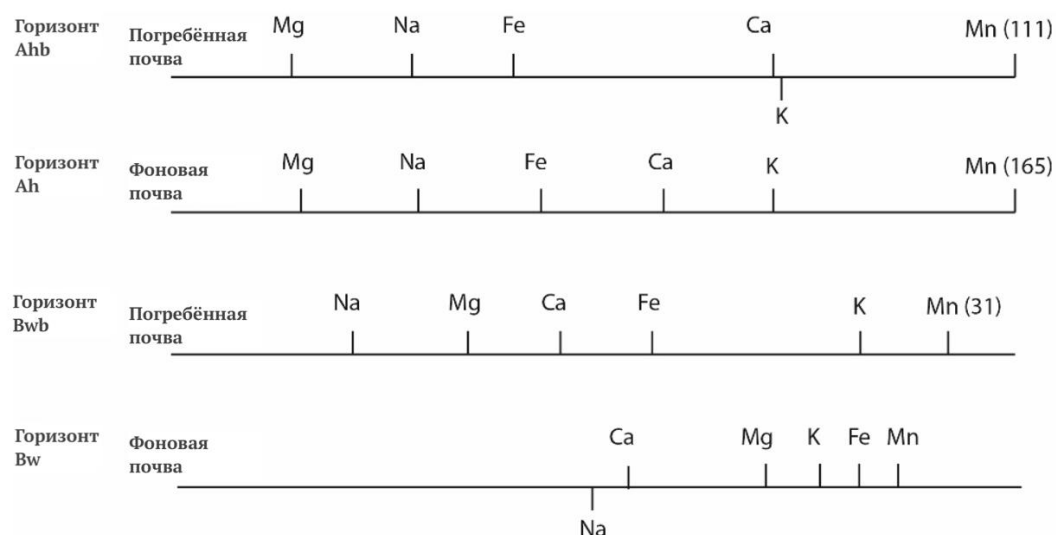


Рисунок 3.18. Элювиальные / иллювиальные коэффициенты для погребенных и поверхностных почв.

Фракционное железо. Оксиды и гидроксиды железа, являющиеся продуктами выветривания и почвенных процессов, дают представление о продолжительности педогенеза и широко

используются в качестве палеоклиматического сигнала (Водяницкий, 2008, Sauer et al., 2009). В фоновой почве пропорции почвенного или свободного железа (Fed) варьируют от 51 до 39% от общего содержания железа, в то время как в погребенной почве они колеблются от 43 до 29%. Более высокое содержание педогенного железа в фоновой почве согласуется с более длительным почвообразованием. Некристаллическое железо составляет лишь небольшую долю почвенного железа в обеих почвах, что указывает на низкий индекс активности железа (Приложение, таблица 3.14). Относительно высокие значения индекса активности железа в результате биогенной аккумуляции элемента наблюдаются в гумусовом горизонте фоновой почвы, а также на глубине 80-87 см из-за присутствия сильно выветрелого фрагмента песчаника. В погребенной почве значения индекса активности железа, как правило, ниже по сравнению с фоновой почвой, однако горизонт Bwb показывает более высокую активность железа по сравнению с аналогичным горизонтом фоновой почвы. В то же время горизонты Bw и Bwb, по-видимому, обогащены силикатными формами железа по сравнению с другими горизонтами.

Подраздел 3.3.5 Содержание микробиоморфов в почвах Таушкасинского курганного могильника

Спорово-пыльцевой анализ. Пыльца трав и споры составляют относительно небольшие пропорции в общем спорово-пыльцевом спектре обеих почв. В фоновой почве споры отсутствуют, и пыльца трав составляет 6%, в то время как в погребенной почве доля пыльцы трав и спор почти одинакова (5% от общего спектра). Доля спор в погребенной почве, достигает 8% в западной стенке и 1% в северной стенке, что указывает на повышенную увлажненность (рисунок 3.19).

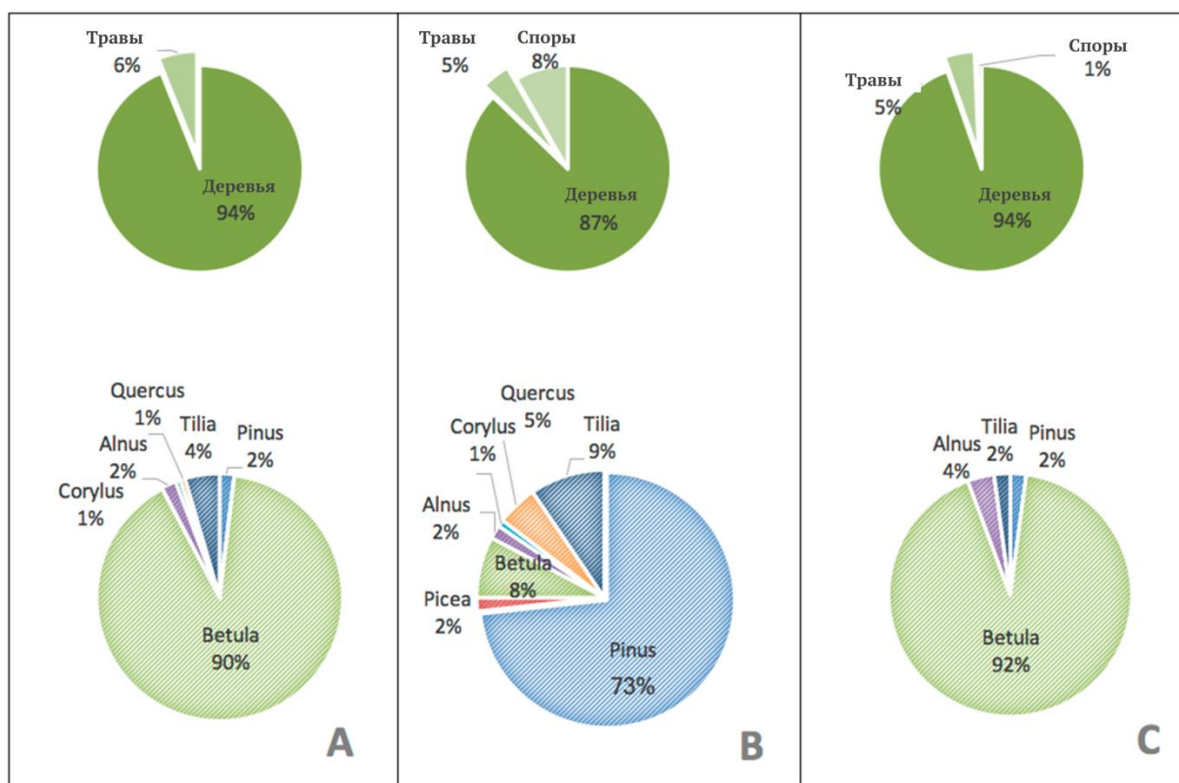


Рисунок 3.19. Общий спорово-пыльцевой спектр, а также пыльцевой спектр древесных и кустарниковых пород в верхних 0-5 см фоновой почвы (А) и погребенной почвы в ее западной (В) и северной стенках (С)

В пыльцевых спектрах фоновой и погребенной почв древесная пыльца является доминирующей. В дневной почве деревья составляют 94% от общего спектра, в то время как в погребенной почве они колеблются от 87 до 94%. Пыльца березы преобладает в обеих почвах: в фоновой почве, составляющей 90%, и в северной стенке погребенной почвы – 92%. Пыльца широколиственных деревьев (дуб, липа), а также лещины *Corylus*, типичного кустарника в широколиственных лесах, редко встречается в обеих почвах, однако в современном лесном сообществе они являются доминирующими видами. Примесь хвойных пород наблюдается в пыльцевом спектре как фоновой, так и погребенной почвы (рисунок 3.19). В погребенной почве пыльца сосны (73%) и ели (2%) была обнаружена в верхнем слое почвы западной стенки разреза, что свидетельствует о явном присутствии хвойных деревьев в этом месте. В северной стенке были обнаружены только зерна сосны в незначительных количествах (2%).

По данным фитолиитного анализа (Приложение, таблица 3.15), иглы хвойных деревьев были обнаружены в верхних 0-2 и 0-3 см обеих почв, что подтверждает возможность развития почв в сообществах хвойных или смешанных лесов. Состав фитолиитных комплексов в двух образцах самых верхних слоев (0-2 см) фоновой почвы очень похож. В обоих образцах преобладают травянистые ценозы, в то время как фитолииты хвойных пород корродированы, что предполагает возможную смену хвойных или смешанных лесных ценозов на широколиственные

леса с травянистым слоем в прошлом. Фитолитный комплекс верхней части погребенной почвы (0-3 см) отражает множество форм лесного комплекса, включая хвойные деревья, а также степные травы. Однако немного глубже (3-7 см) возрастает доля степного комплекса. В материале погребения были обнаружены некоторые компоненты, указывающие на влажные места обитания (тростник и осоки). Следы такого влажного комплекса были также обнаружены в верхних 3 см в северной стенке погребенной почвы, что свидетельствует о привносе постороннего материала во время погребального ритуала.

Подраздел 3.3.6. Палеоландшафтная реконструкция Таушкасинского курганного могильника

Как фоновая, так и погребенная почвы были определены как *Folic Eutric Cambisols* сформированные на верхнепермской карбонатной плите песчаника. Выветрелые фрагменты песчаника представлены в обеих почвах, причем, в фоновой почве степень выветрелости выражена гораздо сильнее. Гранулометрический состав позволил отделить верхнюю часть профиля от нижней, песчаной. В нижней части обеих почв преобладает мелкий и очень мелкий песок. Общее содержание песка в горизонтах С (80-85%) существенно не изменяется в погребенной и фоновой почве, что указывает на текстурную однородность вдоль склона. Морфологические особенности почвообразующей породы в значительной степени продиктованы свойствами подстилающей песчаниковой плиты. На микроморфологическом уровне в нижних горизонтах обеих почв сохранилась горизонтальная слоистая структура, унаследованная от коренных пород. В верхней части изученных почв также доминируют фракции песка, но там преобладает более мелкий материал по сравнению с почвообразующей породой, что является результатом процессов почвообразования и выветривания. Несмотря на сходство в текстуре верхних горизонтов, содержание ила варьируется, причем в погребенной почве обнаруживается большее количество ила (19-24%) по сравнению с фоновой почвой (17-15%). Эти изменения могут относиться к незначительному перераспределению мелкого материала вдоль склона. Увеличение содержания пыли, обнаруженное в верхних 20 см обеих почв, может быть результатом почвенных процессов, а также эолового вклада, хотя отношение крупной пыли к илу, используемое для оценки добавления эоловых частиц, составляет менее 1, что указывает на то, что вклад аллохтонного (эолового) материала был слишком мал, чтобы оказать заметное влияние на свойства почв, особенно в погребенной почве. Отсутствие четкой литологической неоднородности погребенной и фоновой почвы, также было подтверждено низкими вариациями (коэффициент вариации <15%) соотношения неподвижных элементов (Sheldon, Tabor, 2009, Marsan et al., 1988).

Химический анализ нижнего слоя выявил специфические особенности в его элементном составе, что указывает на четкое отличие осадков в районе исследования от бескарбонатных лессов и оказывает влияние на педогенные процессы. Остатки песчаника оказались более богатыми щелочными и щелочноземельными элементами (Na, Ca, Mg), а также Fe. Из-за относительно высокого содержания Ca и Mg в погребенной и фоновой почвах наблюдается высокая насыщенность основаниями с преобладанием двухвалентных ионов (98,4-100% и 97,8-99% соответственно).

Морфологическое исследование двух почв, сформированных на верхнепермской плите песчаника, показало отсутствие хорошо видимых признаков аккумуляции ила. Изучение микроморфологических шлифов обеих почв выявило различные особенности: в погребенной почве бронзового века, в отличие от фоновой почвы, видны некоторые признаки перемещения материала, которые проявляются в виде ориентированной глины с высоким двупреломлением и тонкими кутанами в горизонте Bwb. Тем не менее, индекс текстурной дифференциации (ITD), рассчитанный как отношение тонкого илистого материала в нижних горизонтах по отношению к верхним, был слишком низким ($ITD \ll 1.4$), чтобы обозначить горизонт как Bt (IUSS, 2015). Вопрос о том, почему глинистые кутаны, являющиеся постоянными признаками влажной среды, не были обнаружены в фоновой почве, может быть объяснен недостаточным количеством тонкодисперсного материала в его верхних горизонтах (Лебедева, Тонконогов, 2008). Наличие глинистых кутан в почве, погребенной примерно 4000 лет назад, является надежным индикатором влажных условий окружающей среды во время ее формирования.

Другим доказательством климатически влажных условий во время развития палеопочвы являются элювиальные / иллювиальные коэффициенты (ЕИК), рассчитанные для основных элементов и Fe распределением по глубине, подтверждающие, что обе почвы подвергались режимам выщелачивания. Однако выщелоченные зоны довольно мелкие и ограничены только верхними 40-50 см. Согласно значениям ЕИК, в горизонтах Ah и Ahb высока общая потеря Mg, Na, Fe, по сравнению с нижними горизонтами. Из-за биологической активности в верхних горизонтах также отмечено слабое выщелачивание Ca и K и сильное накопление биофильного Mn (рисунок 3.18), элемента, который активно участвует в биологических циклах некоторых древесных видов в подтаежной зоне (Енчилик с соавт., 2018, Исаченкова, Тарзаева, 2006). В горизонтах Bw и Bwb также обнаружено выщелачивание оснований.

Реакция почвенных растворов в фоновой почве сравнима с моделями выщелачивания, и варьируется от слабокислой в верхних горизонтах до нейтральной в нижнем горизонте. В погребенной почве pH был от умеренно щелочного до сильнощелочного. Переход к щелочной реакции является результатом неполного выщелачивания карбонатов кальция. Значения pH хорошо коррелируют с распределением CaCO_3 . В фоновой почве карбонаты полностью

выщелочены из профиля за исключением нижних горизонтов и крупных пятен, где содержание CaCO_3 определяется благодаря наличию карбонатных обломков, унаследованные от материнской породы. В погребенной почве карбонаты распространяются по всему профилю, пик приходится на самый нижний горизонт Skb (~1%). Исследования микроморфологических шлифов показали, что карбонаты кальция появляются только в виде геогенных форм в фоновой почве, а в погребенной почве были обнаружены как геогенные, так и вторичные карбонаты, последние представлены как микритовые нодули внутри основной массы и в качестве пленок на стенках пор.

Различия между двумя почвами были обнаружены при сравнении их верхних горизонтов, включая цвет, количество гумуса, интенсивность биотурбации, а также тип и фракционный состав гумуса. Из-за диагенеза, горизонт Ahb содержит меньше органического вещества, чем горизонт Ah фоновой почвы, но в то же время погребенный горизонт имеет более темный цвет, более качественный гумус и большую степень биотурбации. Достаточно низкое соотношение C:N в верхнем слое почвы означает, что все легкоразлагаемые органические вещества были полностью биоминерализованы в процессе погребения, в то время как более устойчивые вещества относительно накопились. На основании большого количества наблюдений, Иванов с соавт. (2009) рассчитали потерю органического углерода в погребенных черноземах разного возраста.

Оценки показали, что биоминерализация после первых 200–300 лет захоронения почвы приводит к потерям до 30% исходного содержания органического углерода, и дополнительные потери 30–35% происходит во следующие 3000–4000 лет. Соответственно, это указывает на то, что первоначальное количество $\text{C}_{\text{орг}}$ в погребенной почве могло превышать 8%.

Погребенная почва имеет гуматный тип органического вещества, с очень сильным накоплением стабильных гуминовых кислот ($\text{C}_{\text{гк}} / \text{C}_{\text{фк}} = 5$), в то время как в фоновой почвах соотношение между углеродом гуминовых и фульвокислот почти равно 1, что типично для почв лесной зоны. Сильное обогащение верхнего слоя погребенной почвы гуминовыми кислотами можно объяснить их первоначальным доминированием над фракцией фульвокислот. С другой стороны, полная биоминерализация фульвокислот после погребения почвы, могла бы привести только к двукратному увеличению значения отношения. Микроморфологические исследования показывают, что в погребенной почве наблюдается смешивание органического материала с минеральной почвой, гумус в погребенной почве более биотурбирован и относится к типу мюллер, а в фоновой почве - к типу модер. Таким образом, аналитические и микроморфологические данные подтверждают заметные различия в особенностях и происхождении органического материала фоновой почвы и палеопочвы. Гумусовые горизонты двух почв были сформированы

в разных условиях, в частности, гумус почвы бронзового века образовался в экосистеме с более высокой биологической активностью и более продуктивной растительностью.

Исследование пыли двух почв подтверждает, что почвы развивались под лесной растительностью. Пыльца дуба и липы, сохранившаяся в погребенной почве в количествах, аналогичных фоновой почве, достоверно указывает на широкое распространение широколиственных пород в прошлом (Zhang et al., 2017, Сладков, 1967), однако наличие пыли хвойных таксонов (ели и сосны) свидетельствует о развитии более сложных хвойно-широколиственных сообществ в прошлом. Высокая доля пыли березы (также подверженной гниению, но вырабатываемой в больших количествах) как в погребенной, так и в фоновой почве предполагает существование древостоев березы в прошлом (Сладков, 1967). В лесном поясе березы часто считаются первопроходцами, быстро колонизирующими открытые пространства, особенно во вторичных сукцессиях после пожара (Исаченкова, Тарзаева, 2006). В то же время береза часто встречается как примесь в хвойно-широколиственных и хвойных лесах.

Фитолиты довольно устойчивы к разложению. Они высвобождаются растениями при отмирании и попадают в почву вместе с подстилкой (Piragino, 1988, Гольева, 1997, Гольева, 2001, Peto, 2010). Фитолиты в почве бронзового века на глубине 0-3 см демонстрируют множество форм, происходящих из лесного комплекса, в том числе хвойных деревьев, а также степных трав. Однако на глубине 3-7 см погребенной почвы, что относится к более ранней стадии развития почвы, увеличивается доля степного комплекса. В фоновой почве анализ фитолитов показывает некоторые сдвиги от более влажного хвойного или смешанного лесного комплекса к лиственному лесу с травянистым покровом.

Обобщая результаты морфологических и аналитических исследований, можно сделать вывод, что обе почвы с плохо дифференцированными профилями сформированы на исходной породе с относительно низкой сенсорностью к биоклиматическим факторам (Лебедева, Тонконогов, 2008). Исходный материал состоит из отложений, которые происходят из одного источника - карбонатного песчаника верхнепермского периода. Отложения на изучаемых участках состоят из двух пространственно схожих слоев, которые немного отличаются по гранулометрическому составу. Нижняя часть представляет собой грубые остатки песчаника, в то время как верхняя часть, толщиной 40-50 см, содержит большее количество глинистых частиц и включает горизонты Ah, AhB, Bw и BC. Обе почвы имеют много сходных особенностей, которые указывают на их развитие в основном под лесной растительностью. Однако свойства верхнего горизонта палеопочвы бронзового века также подразумевают, что он пережил более теплую и более сухую (субгумидную) стадию педогенеза, вероятно, в поздний атлантический период. Аридизация климатических условий в этот период ранее была зарегистрирована в палеопочвах Среднего Поволжья (Чендев с соавт., 2016) и в лесостепных районах Русской равнины (Rusakov

et al., 2018), в результате чего могло произойти замещение леса степью (Александровский, Александровская, 2005). В погребенной почве эта более теплая и более сухая стадия привела к образованию вторичных карбонатов, что хорошо видно на микроуровне, и к развитию биотурбированного горизонта Ahb с темным гумусом, обогащенным стабильными гуминовыми кислотами. Тем не менее, отсутствие кротовин, небольшая мощность горизонта А погребенной почвы, а также анализ пылевых и фитолитных комплексов указывают на то, что педогенез на этом этапе происходил не в степной среде, а скорее в открытых лиственных или смешанных лесах с густыми травянистыми растениями, включая степные травы. Переход к более влажной почвенной стадии развития почвы, вероятно, произошел в суббореальный период до сооружения кургана бронзового века. Согласно предыдущим исследованиям (Александровский, 2008b, Chendev et al., 2017), фазы увлажнения в центральных частях лесостепной зоны сопровождались продвижением лесной растительности в степные междуречья. На этом этапе почвы исследуемого участка, расположенного к северу от экотонной зоны, развивались в более плотных смешанных (широколиственно-хвойных, лиственно-хвойных) лесах с меньшим вовлечением степных трав по сравнению с предыдущим периодом. Таким образом, результаты исследования позволили восстановить небольшие различия в окружающей среде. Несмотря на низкую сенсорность почвообразующих пород, на микроскопическом уровне можно наблюдать увеличение влажности в виде образования слабых кутан в горизонте Bwb.

Выводы

Изучение хроноряда почв на южной границе лесного пояса Среднего Поволжья четко показало сходство почв и ландшафтов во временном интервале последних 4000 лет. Несмотря на сложную структуру почвы в непосредственной близости от места исследования, исследованные почвы показывают относительно слабое развитие почвы и отсутствие четких полигенетических особенностей. Влияние климатических изменений на морфологию и свойства почв, которые были зарегистрированы по хронорядам почв в северной, центральной и южной частях лесостепной зоны Русской равнины, было сглажено двумя факторами – малосенсорными почвообразующими породами и сходством растительного покрова в течение исследуемого интервала времени. На основании аналитических, палинологических и фитолитных данных можно сделать вывод, что обе почвы развивались под лесными сообществами, подверженными незначительным колебаниям осадков и температуры. Переход от открытых лесов к более густым лесам после увеличения влажности был обнаружен благодаря микробиоморфному анализу. Палеосигнал субгумидного периода сохранился в гумусовом горизонте погребенной почвы, который отражается в более качественном гумусе, интенсивной биотурбации и более темном цвете самого горизонта. Мы полагаем, что эта стадия произошла в позднем атлантическом

периоде, тогда как последующее увеличение содержания влаги имело место в суббореальном периоде до погребения почвы (Aseyeva et al., 2019).⁹

Раздел 3.4 Тохмеевский курганный могильник

Тохмеевский курганный могильник расположен в республике Чувашия в 20 км от г. Чебоксары и в 1 км на юг от д. Тохмеево на водораздельной поверхности на высоте 170 м над у.м. под широколиственным лесом. Был изучен хроноряд, включающий почву, погребенную под курганной насыпью Абашевской культуры бронзового века (Тохмеевский курганный могильник) и фоновые (дневные) почвы, расположенные в непосредственной близости от кургана, в сходных геоморфологических и литологических условиях. Могильник по керамическим материалам, обряду захоронения и характеру сооружения относится к Абашевской культуре бронзового века. В курганах в насыпи часто встречаются мелкие древесные угольки. Курганный могильник расположен вблизи водораздельного склона к реке Ингирсирма, левого притока реки Кунар, притока реки Унги, притока реки Бол. Цивиль, притока реки Волги. Он включает в себя 50 курганных насыпей и расположен в лесу.

Почвы на участке исследования сформированы в лессовых отложениях толщиной 5 - 10 м. Растительность состоит из широколиственного леса с липой (*Tilia cordata*), дубом (*Quercus robur*) и кленом (*Acer platanoides*). Район исследования входит в ареал распространения серых лесных почв (Phaeozems, IUSS Working Group WRB, 2015), которые сформировались в лесах (Shoba et al., 2011). Однако почвенный покров очень сложный и включает в себя серые лесные, черноземы и подзолистые почвы, в зависимости от почвообразующих пород (Андреев, 1971). Объектами для изучения пространственного варьирования послужили почвы, сформированные на курганных насыпях, погребенные почвы под курганами и фоновые почвы. Погребенные и фоновые почвы изучались в однотипных природных условиях (однотипный литологический фон и рельеф, сходная растительность) как в пределах курганного могильника, так и за его пределами (рисунок 2.2). Для площадного опробования всего было изучено 9 фоновых и 7 почв под курганными насыпями. В исследуемых разрезах было отобрано 173 образца, в которых были определены реакция pH (pH водный и pH_{KCl}) (Приложение, таблица 2.1) и гранулометрический состав пирофосфатным методом (Приложение, рисунки 5-7). Ключевыми были выбраны один фоновый разрез и одна почва, погребенная под курганом 8 (рисунок 3.20).

⁹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Aseyeva E.N., Makeev A.O., Kurbanova F.G., Kust P.G., Rusakov A.V., Khokhlova O.S., Mihailov E.P., Puzanova T.A. Paleolandscape Reconstruction Based on the Study of a Buried Soil of the Bronze Age in the Broadleaf Forest Area of the Russian Plain, GEOSCIENCES, 9(3):1–27, 2019. IF – 2,1 <https://doi.org/10.3390/geosciences9030111> Личный вклад автора составляет 40%



Рисунок 3.20 Общий вид участка с фоновой почвой (слева) и кургана 8 (справа).

Подраздел 3.4.1. Морфологическое описание почв Тохмеевского курганного могильника

Профиль фоновой почвы представлен *Retisol (Glossic, Folic, Albic, Eutric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric))*. Почва имеет хорошо развитый горизонт Ah (10 YR 4/2), который переходит в AhE и далее в светло-серый горизонт Eh. Горизонты Bt имеют хорошо выраженную ореховатую структуру, которая меняется от мелкой к крупной вниз по профилю. Горизонт Bteh характеризуется сложным кутанным комплексом, состоящим из железисто-глинистых и темно-серых гумусовых кутан, перекрытых скелетанами. Ниже залегает тяжелосуглинистая толща с горизонтами Bt, в которых ореховатые структурные отдельности покрыты бурыми кутанами, по крупным трещинам до 163 см прослеживается засыпка силтанами (рисунок 3.21 б, с). В горизонте Bt2 выявлена многопорядковая ореховато-призматическая структура. В нижней части профиля обнаружены обильные ризолиты (рисунок 3.21 е). Граница между горизонтом Bt2 и горизонтом 2Ahkb является резкой. Незначительное вскипание начинается с горизонта 2Ahkb, карбонатные новообразования пропитывают почвенную матрицу и представлены в виде псевдомицелия, мягких и твердых конкреций. Погребенная почва предположительно доголоценового возраста может быть различима по слегка более темному цвету, мелкой зернистой структуре и высокой пористости горизонта 2Ahkb.

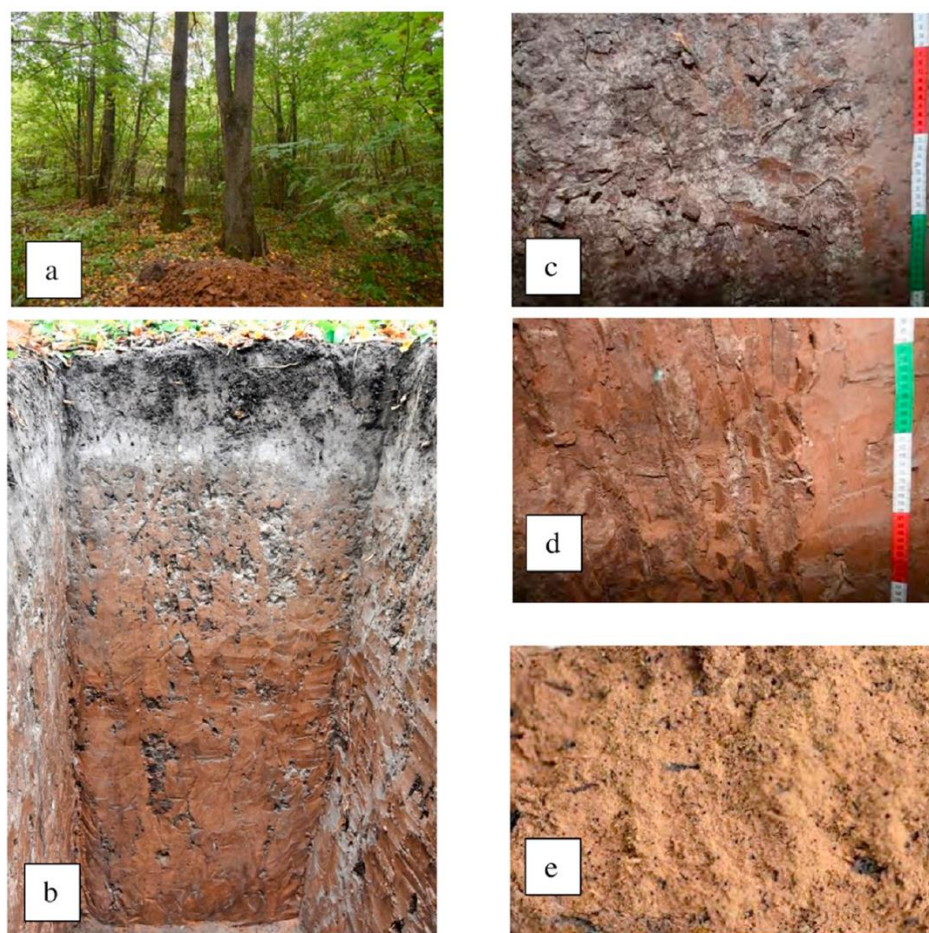


Рисунок 3.21 Морфологические свойства фоновой почвы. а - общий вид почвенного профиля; (b) retic свойства в горизонте EBT; c, d – буроватые кутаны в горизонтах Bt1 и Bt2; e - ризолиты в горизонте 2Ahkb.

Курган 8 расположен в 150 м от разреза фоновой почвы (координаты: N 55°57.8479'; E 47°9.8886') на сходной плоской поверхности под зарослями орешника. Курганная насыпь округлой формы с сохранившейся мощностью 120 см имеет ширину около 7 м (рисунок 3.22). Общая глубина разреза составила 330 см. Поверхность вершины кургана покрыта опадом мощностью 3 см, состоящим из слаборазложившихся листовых пластинок и тонких веточек деревьев. Верхние 120 см представляют собой курганную насыпь, состоящую из материала, стратифицированного при постройке кургана и в результате почвообразования (рисунок 3.23).

Несмотря на хорошую проработку почвообразованием, основные черты исходной конструкции, использованной при сооружении земляной насыпи, прекрасно сохранились. Верхний слой насыпи состоит из однородного легкосуглинистого материала, аналогичного материалу горизонтов AhE погребенных и фоновых почв, возможно материал для насыпи выстилал более светлым материалом, который в результате гумусообразования стал более темным. Нижняя часть насыпи с глубины 70 см укреплялась земляными кирпичами (mudblocks), состоящими преимущественно из материала верхних горизонтов аналогичного горизонту AhE

фоновой и погребенной почв, с забутовкой тяжелосуглинистым материалом горизонтов Вt. Почвообразование привело к формированию гумусового горизонта мощностью до 45 см, ниже которого хорошо различимы разнородные фрагменты, использовавшиеся для наброса. Забутовка земляных кирпичей сохранила исходный разнородный гранулометрический состав и структуру горизонтов Вt, взятых с разной глубины.

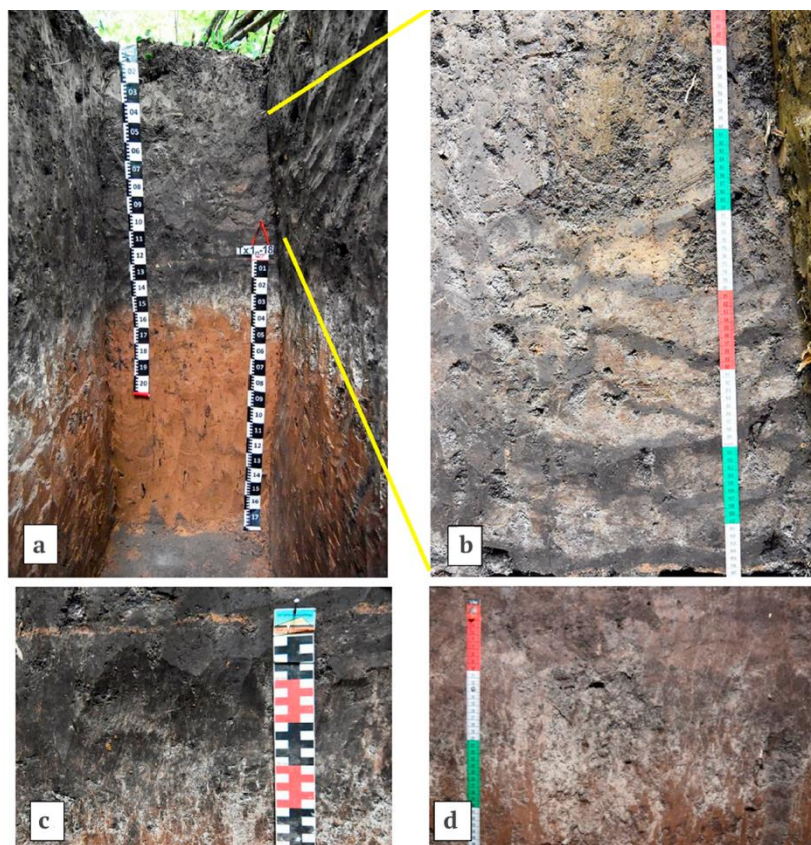


Рисунок 3.22 Общий вид насыпи и погребенной почвы (а). Центральная часть земляной насыпи сложена из грунтовых кирпичей (b); земляная насыпь на периферии кургана (с); Погребенная почва отделена от кургана тонким желтым слоем, выкопанным из ямы, вырытой для погребальной камеры (d). Обращает на себя внимание белесый материал и retic свойства ниже гумусового горизонта. Пятна темного материала материи в горизонте AhEb (d).

Описанное строение насыпи характерно и для других курганов Тохмеевского могильника. Исследование с помощью буровых скважин подтвердило полную идентичность строения насыпей курганов 8 (4 точки опробования), 7 (две точки опробования) и 6 (две точки опробования): верхняя часть насыпи сложена однородным светло-серым легким суглинком, с глубины 70-75 см до границы с погребенной почвой (110-130 см) «земляные кирпичи».

Погребенная почва отделена от кургана тонким желтым слоем (рисунок 3.22с, Kabala et al., 2019). Профиль почвы не срезан и хорошо сохраняется на трех стенках почвенного разреза с одинаковой толщиной горизонтов почвы (Приложение, таблица 3.16). Погребенная почва

Glossic, Folic, Albic, Eutric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric), имеет хорошо развитый профиль, схожий с фоновой почвой. Основным отличием является гумусовый горизонт. Несмотря на возможный диагенез, темный цвет (7,5 YR 3/1) и хорошо выраженная мелкозернистая структура соответствуют критериям горизонта *mollic* (Приложение, таблица 3.16). Также хорошо выражен светлый горизонт, особенно на границе с горизонтом Bt1b (7,5 YR 5/1). Темные пятна в горизонте AhE свидетельствуют о том, что гумусовый горизонт, вероятно, был более мощным и деградировал с развитием отбеленного горизонта (рисунок 3.22 d). Горизонты *argic* аналогичны фоновой почве: оба горизонта Bt1b и Bt2b имеют хорошо выраженную ореховатую структуру, которая меняется от мелкой к более крупной. Структурные единицы в иллювиальных горизонтах покрыты многослойными коричневыми кутанами. Другим поразительным отличием является обилие черных гумусовых кутан поверх бурых глинистых кутан в средней и нижней части почвы (рисунок 3.23 a, d). Они покрывают все поверхности (рисунок 3.23 b) и заполняют все корневые каналы (рисунок 3.23 b, g). Подобно фоновой почве, горизонт 2Ahkb начинается с 90 см с резкой границей. Он имеет высокую пористость и, как и в фоновой почве, карбонаты пропитывают матрицу и образуют маленькие твердые конкреции (Приложение, таблица 3.16). Обилие ризолитов и мелкозернистая структура указывают на прежний верхний горизонт доголоценовой почвы (рисунок 3.23 b).

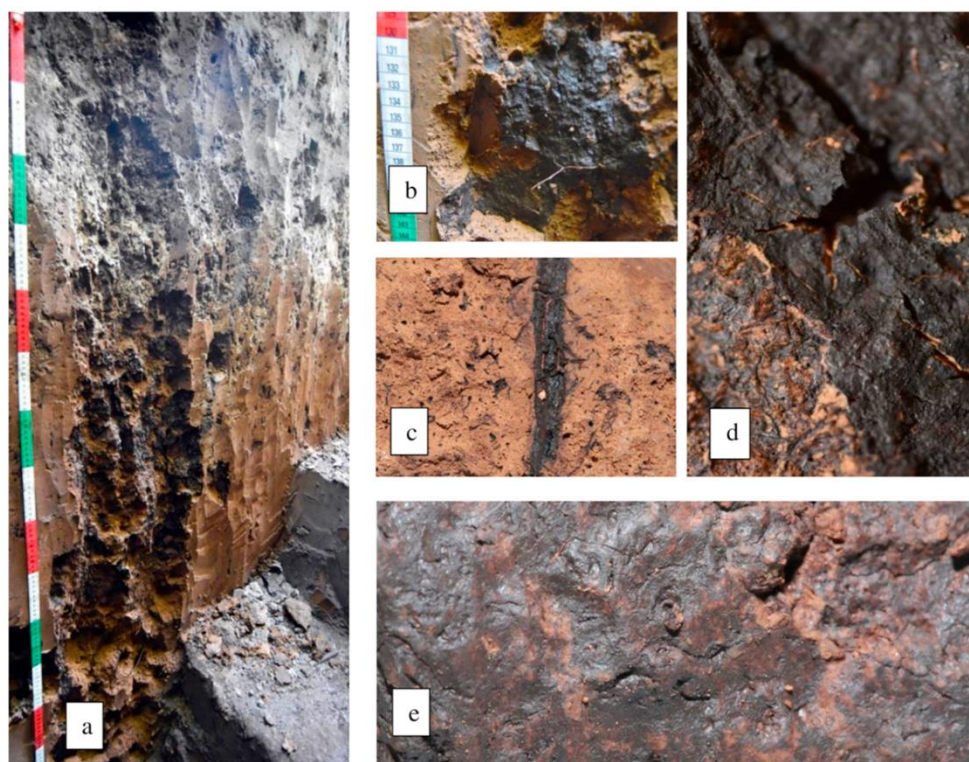


Рисунок 3.23. Черногумусовые кутаны в погребенной почве: на боковой стенке (a); перекрывающие призматические единицы (b); проникающие в бывшие корневые каналы (c, d); поверх коричневатых кутан (e).

Погребенная и фоновая почвы во многом схожи по строению профиля. Обе почвы характеризуются наличием текстурно-дифференцированного профиля. Однако есть и существенные отличия. Гумусовый горизонт погребенной почвы гораздо лучше развит, с зернистой структурой, более темного цвета (7,5 YR 3/1) по сравнению с гумусовым горизонтом фоновой почвы (10 YR 4/2). Под гумусовым горизонтом в погребенной почве представлены также темные гумусовые клинья, проникающие в толщу горизонтов Bt. В этой почве нет горизонта E_h. Однако здесь представлены черные толстые гумусовые пленки (лаки), отсутствующие в фоновой почве, где горизонты Bt отличаются бурыми кутанами. В фоновой почве полностью отсутствуют карбонаты, представленные в горизонте BC_k погребенной почвы.

На рисунке 3 (Приложение) показана трансекта через ранее вскрытый археологами курган 4. Остатки насыпи составляют около 50 см. Погребенная почва характеризуется наличием темноцветного гумусового горизонта (цвет 10YR 2/2), отсутствующего в фоновых почвах. Видно, однако, что на периферии насыпи этот горизонт исчезает (Приложение рисунок 3 d). Бурение подтвердило также наличие гумусовых лаков в средних и нижних горизонтах профиля погребенной почвы.

Подраздел 3.4.2. Микроморфология описание почв Тохмеевского курганного могильника

Микростроение почв характерно для покровных суглинков. В основной массе преобладают пылеватые зерна (в основном крупная пыль) с некоторой примесью мелкого и среднего песка. Кварц и полевой шпат преобладают среди крупных зерен с единичными включениями других минералов. Большинство крупных зерен только слегка окатаны. Почвообразующая порода вместе с нижележащим слоем карбонатного лесса имеет сходное порфиоровидное слабокомпактное микросложение. В целом, микроморфологические исследования подтверждает, что погребенные и фоновые почвы образовались в одинаковых отложениях. Обе почвы соответствуют диагностическим критериям для *Retisols*. Верхние горизонты (Ah, Ahb, E, AE_b) состоят в основном из пылеватых зерен с отбеленным мелким материалом, характеризующимся низким двупреломлением (рисунок 3.24 a, b, рисунок 3.27 a, b). Эти горизонты обогащены крупной пылью (Приложение, рисунок 1). Свойства *retic* (IUSS Working Group WRB, 2015) отчетливо прослеживаются на граничных переходных горизонтах (E / Bt, E / Bt_b), где трещины и поры заполнены отбеленными пылеватыми зернами (скелетанами) поверх глинисто-гумусовых кутан (рисунок 3.24 c, d). Обильные скелетаны также представлены в горизонтах Bt₁ и Bt_{1b} (рисунок 3.24 d, e). Иллювиальные горизонты (Bt₁, Bt_{1b}, Bt₂ и Bt_{2b}) характеризуются высоким двупреломлением и имеют хорошо выраженные чешуйчатую и волокнистую типы ориентации тонкодисперсной массы (рисунок 3.24 e, f и g, h). Глинистые

кутаны равномерно покрывают поверхности педов. В почвах представлены в основном тонкие кутаны, за исключением сложных составных кутан на стенках трансгоризонтных трещин с многочисленными слоями глины и гумуса (рисунок 3.25). Горизонты 2Ahkb как в фоновой, так и в погребенной почвах характеризуются зернистой структурой, ассимилированной в основной массе и аккумуляцией карбонатов (кристаллитовый тип ориентации тонкодисперсной массы, микритовые нодулы с переходной границей, рисунок 3.26).

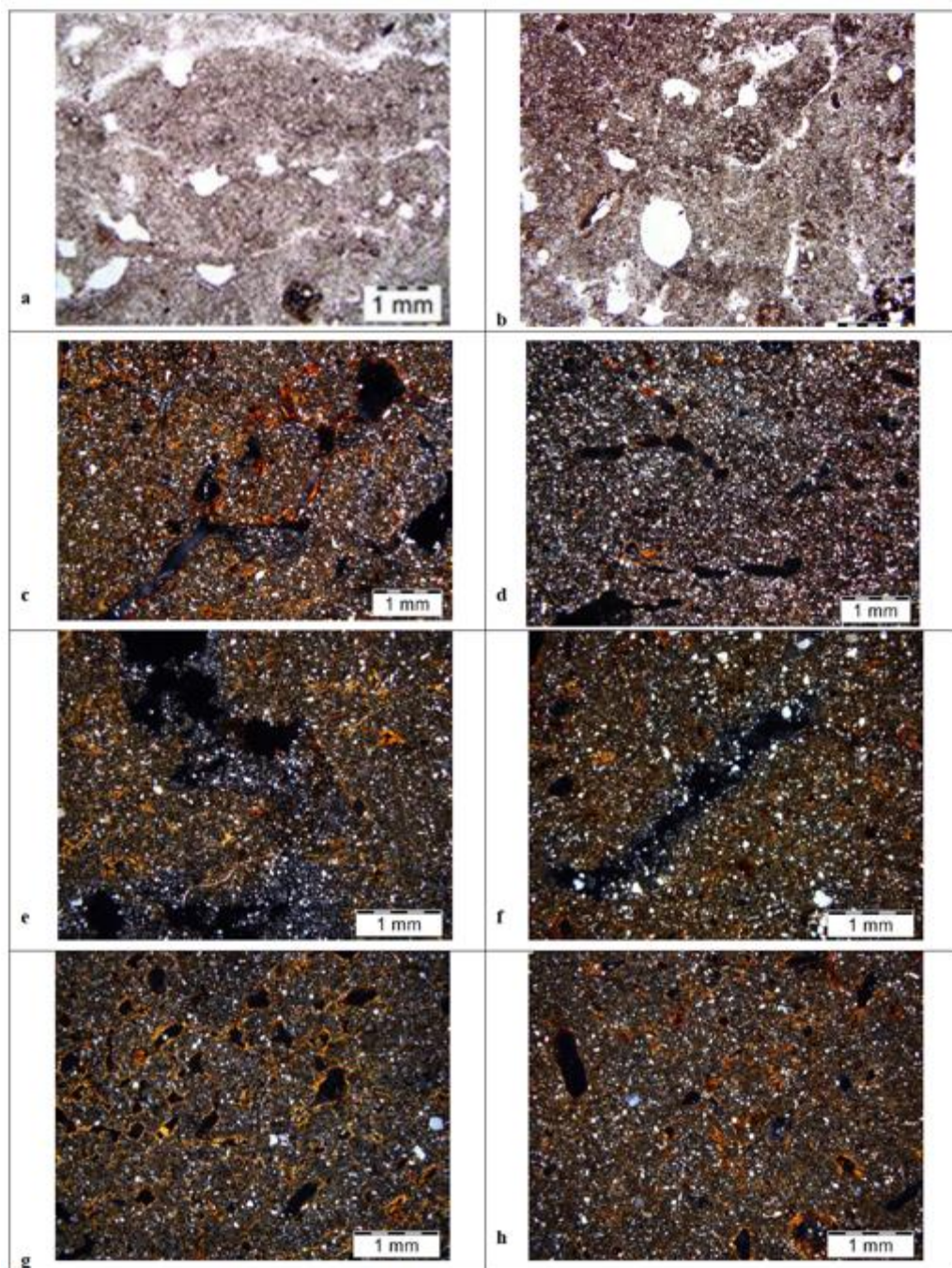


Рисунок 3.24. Микроморфология фоновой (слева) и погребенной (справа) почвы. Обесцвеченная основная масса и пластинчатая структура в горизонтах E (a) и AEb (b), II; Пластинчатая структура и отбеленные пылеватые зерна над глинисто-гумусовыми кутанами в

горизонтах *E / Bt* (c) и *E / Btb* (d), *NX*; Тонкие глинистые кутаны и непокрытые пылеватые зерна в горизонтах *Bt1* (e) и *Bt1b* (f), *NX* e); слоистые глинистые кутаны в горизонтах *Bt2* (g) и *Bt2b* (h), *NX*.

Как фоновая, так и погребенная почвы отличаются свойствами, характерными для продуктивных лесных экосистем: каналовидная / камерная зернистая микроструктура с многочисленными ходами дождевых червей, изотропная оптическая ориентация тонкодисперсной массы, обогащенная гумусом (рисунок 3.27 а, b). Обильные растительные остатки находятся в разной степени разложенности, встречаются в том числе фрагменты древесного угля. В отличие от фоновой почвы, в горизонте *Ahb* погребенной почвы в большом количестве присутствуют микрозоны с черным (гумусовым) мелким материалом (рисунок 3.27 а). На крупном плане четко видны черные гумусовые кутаны поверх коричневых глинистых кутан в средней и нижней части погребенной почвы (рисунок 3.27 с, d, e, f). Нет никаких следов черных гумусовых кутан в средней части фоновой почвы, в то время как частично черные кутаны сохраняются в горизонте *2Ahkb*, что указывает на то, что на определенной стадии эволюции почвы черные кутаны присутствовали повсеместно и были сформированы уже после микритовых гипокутан.

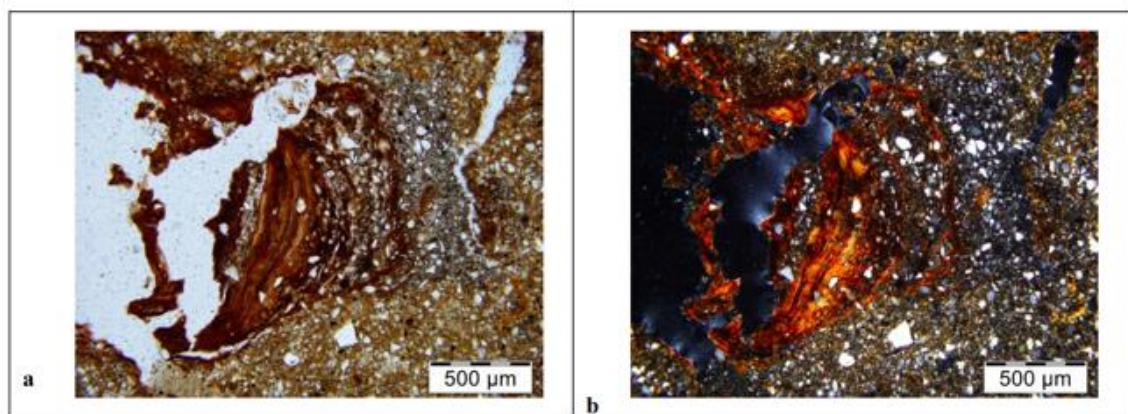


Рисунок 3.25. Многослойные кутаны, заполняющие трещины погребенной почвы (горизонт *Bt2*, 50–55 см). *NII* (a), *NX* (b)

Анализ микростроения подтверждает стратификацию насыпи кургана, описанную ранее. Внутренние части земляного кирпича сохраняют характеристики материала *albic*, который использовался для их строительства и был взят из горизонтов *AE* и *E* (Приложение, рисунок 1 а, b). Сходство особенно отчетливо видно при сравнении внутренней части земляных кирпичей (Приложение, рисунок 1, g) и основной массы горизонтов *AEb* / *E* погребенной и фоновой почв (рисунок 1 с, d, e, f, g, h).

Покрывающий слой кирпичей микроморфологически схож с горизонтами *argic*, обильные глинистые кутаны разрушаются из-за перемешивания земли для формирования кирпичей

(Приложение, рисунок 2 а, b). Наличие зерен песка указывает на примесь возможно речного песка для формирования прочной смеси. Такие зерна не видны на микроморфологическом уровне в иллювиальных горизонтах фоновой и погребенной почв (рисунок 3.24 d, e, g, h). Основная масса тонкого желтого слоя (натоптыша), разделяющего насыпь и погребенную почву (рисунок 3.24 e, f), сохраняет черты, похожие на срединные горизонты погребенной почвы (горизонты Bt2). Сверху есть тонкие глинистые и даже черные гумусовые кутаны (Приложение, рисунок 2 f, g).

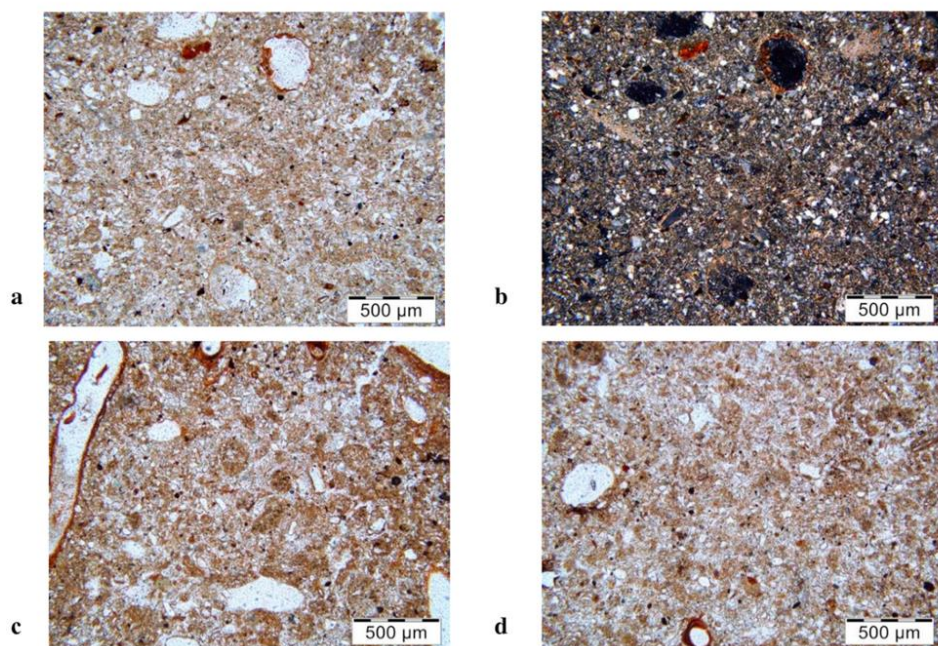


Рисунок 3.26. Микропризнаки горизонта 2Ahkb. Зернистая структура и микритовые карбонаты в погребенной почве, глинистые кутаны поверх карбонатных кутан, 150–155 см. NII (a); NX (b); Зернистая микроструктура фоновой почва слоя почвы, NII, 150–165 см (c), 170–175 см (d).

Элементный анализ.

Распределение большинства элементов как в погребенной, так и в фоновой почвах коррелирует с распределением ила (Приложение, таблицы 3.17, 3.18). Верхние горизонты обогащены Si, что соотносится с более высоким содержанием крупной пыли. Нижние горизонты обогащены Fe, Al и широким спектром микроэлементов (V, Cu, Zn, Rb, Y, Pb, Th), что указывает на то, что илистая фракция в обеих почвах богата этими металлами. Заметным исключением является характер распределения Mg, который обычно коррелирует с распределением ила. В верхних горизонтах содержание Mg значительно выше в обеих почвах, что может быть связано с биофильным накоплением данного элемента. Mn и P накапливаются в верхних горизонтах обеих почв в результате биологической активности. Погребенный горизонт 2Ahkb в нижней части обоих профилей показывает увеличение Ca (Приложение, таблица 3.19).

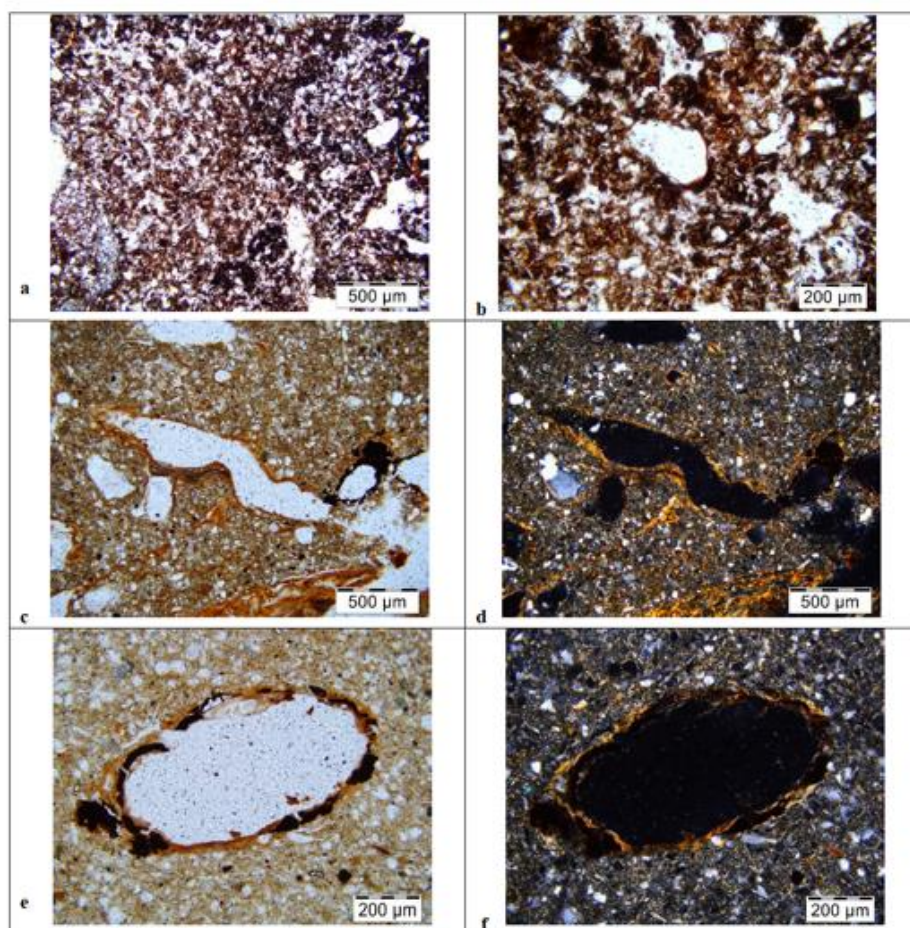


Рисунок 3.27 Формы органических соединений в погребенной почве. Микрозоны с черным и коричневым тонкодисперсным гумусовым материалом в горизонте Ahb, PPL (a, b); Черные гумусовые кутаны поверх коричневых глинистых кутан: 95–100 см, PPL (c) и XPL (d), 110–115 см, PPL (e) и XPL (f)

Фракционное железо.

Содержание педогенного (свободного) железа в исследуемых почвах колеблется от 25 до 55% от общего содержания железа (Приложение, таблица 3.19). С глубиной фракции почвенного железа коррелируют с распределением ила и достигают пика в нижних частях почвы. Свободное железо в обеих почвах в основном представлено кристаллическими оксидами железа. Активное железо составляет 10-40% от общего количества железа. Содержание активного железа и индекс активности железа показывают относительный рост в самых верхних горизонтах.

Некоторые химические характеристики.

Верхние горизонты фоновой и погребенной почв слабо или умеренно кислые. Горизонты 2Akhb являются щелочными в погребенной почве, что обусловлено содержанием карбонатов. В фоновой почве данные горизонты слабокислые, несмотря на присутствие микритовых карбонатов. Содержание C_{org} в фоновой почве довольно высокое до 40 см, и на 2% больше, чем в верхних горизонтах погребенной почвы, где содержание гумуса уменьшается со времени

погребения (Приложение, таблица 3.20). На данном этапе он не соответствует требованиям для горизонта с гумусом типа мюль. Земляная насыпь приобретает черты, общие для фоновых почв в окрестностях с низкой кислотностью и высоким содержанием органического углерода. Емкость катионного обмена достаточно высокая, что характерно для *Eutric Retisols*.

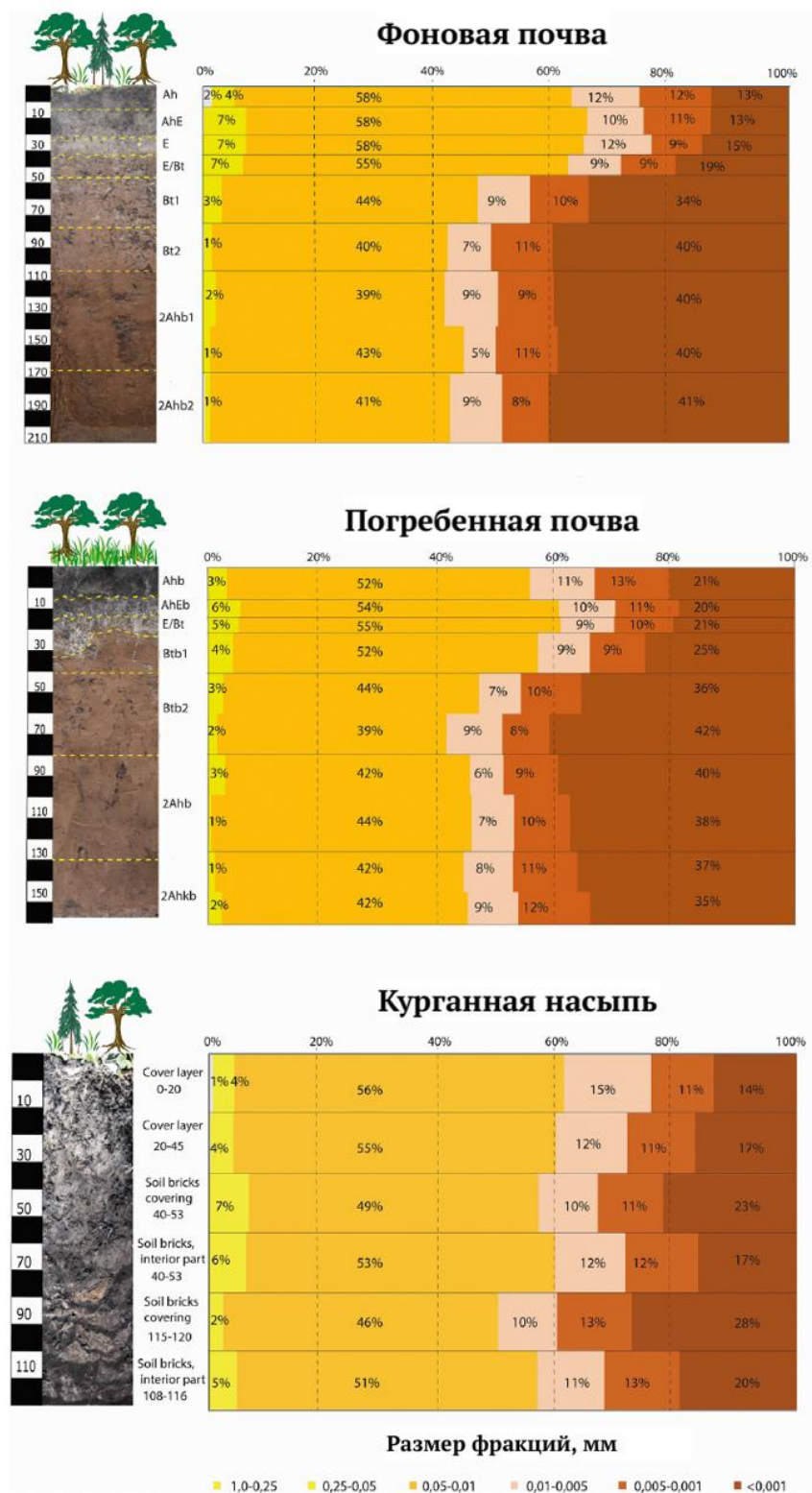


Рисунок 3.28 Гранулометрический состав фоновой, погребенной почвы и земляной насыпи

Подраздел 3.4.3. Содержание микробиоморфов в почвах Тохмеевского курганного могильника

Для статистической достоверности спорово-пыльцевой анализ были выполнен для нескольких курганов, сооруженных поблизости (в пределах 2-х метров) и в один временной интервал. Фоновая и погребенные почвы имеют сходные спорово-пыльцевые спектры, в которых доминирует древесная пыльца (рисунок 3.29, Приложение, таблица 3.21). В фоновой почве доля деревьев составляет 80% от общего спектра, в то время как в погребенной почве от 51 до 64%, а доля трав колеблется от 15 до 21%. Пропорции пыльцы хвойных и лиственных деревьев одинаковы (~50/50) в пыльцевых спектрах фоновой и погребенной почв. Среди хвойных *Picea* является доминирующим видом в погребенной почве, в то время как *Pinus sylvestris* доминирует в фоновой почве. Пыльца липы и дуба, а также лещины, типичного кустарника в широколиственных лесах, доминирует в обеих почвах, что указывает на широкое распространение широколиственных лесов. Травянистый покров был более обильным и разнообразным во время бронзового века, чем в настоящее время. Травы в основном представлены луговыми видами. Лесная растительность подтверждается также многочисленными спорами лесных споровых растений (папоротники и мхи), которые составляют до 36% спектра в погребенных почвах и только 12% в фоновой почве. Крупные зерна, обнаруженные среди злаков (*Poaceae*), указывают на сельскохозяйственную деятельность в прилегающих районах.

В фоновой почве содержится 19 форм фитоцитов, и 15 форм были найдены в погребенной почве. Обилие и изменчивость фитоцитов подтверждают, что погребенная почва в ее верхней части не была ни смешана с насыпью, ни срезана. Фоновая и погребенные почвы имеют сходные спектры фитоцитов, характерные для лесов с травянистым покровом. Лесные и луговые травы, особенно двудольные, доминируют в фоновой почве, а в погребенной почве увеличивается доля степных трав (рисунок 3.29).

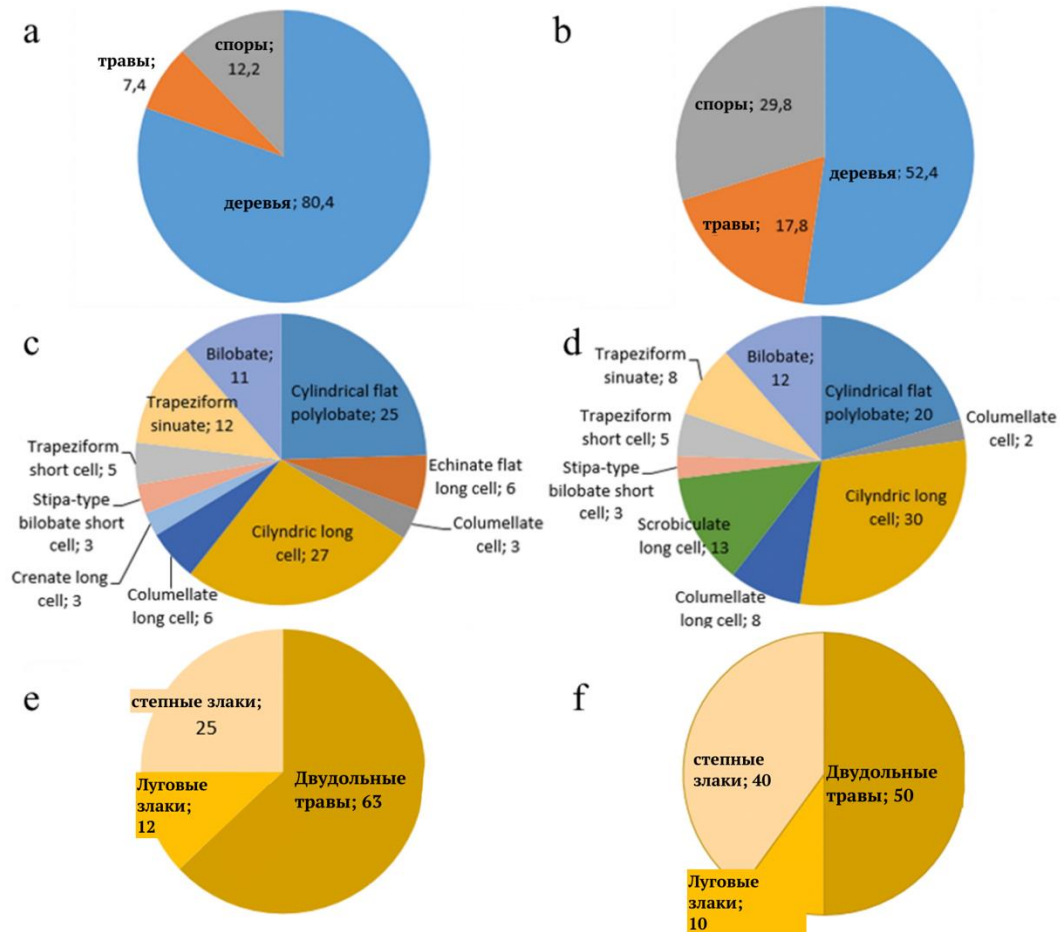


Рисунок 3.29 Микробиоморфы для фоновых (слева) и погребенных (справа) почв. Для погребенной почвы данные усреднены для четырех курганов. Общий спектр пыльцы и спор (a, b); спектр пыльцы деревьев и кустарников (c, d); состав спектра фитоцитов (e, f); Спектры фитоцитов сгруппированы по типу растительности (g, h).

Радиоуглеродное датирование. Радиоуглеродное датирование верхней части горизонта погребенной почвы имеет возраст около 5,5 тыс. лет (рисунок 3.30). Хотя извлеченная гуминовая фракция может сузить возрастные диапазоны органического вещества, эта фракция все еще содержит относительно широкий набор различных органических молекул, имеющих разный возраст. Интересно отметить, что органическая часть глинистых кутан в погребенной почве имеет примерно сходный возраст - около 5,2 тыс. лет. Тем не менее, коричневые кутаны в фоновой почве имеют значительно возраст - около 3,2 тыс. лет.

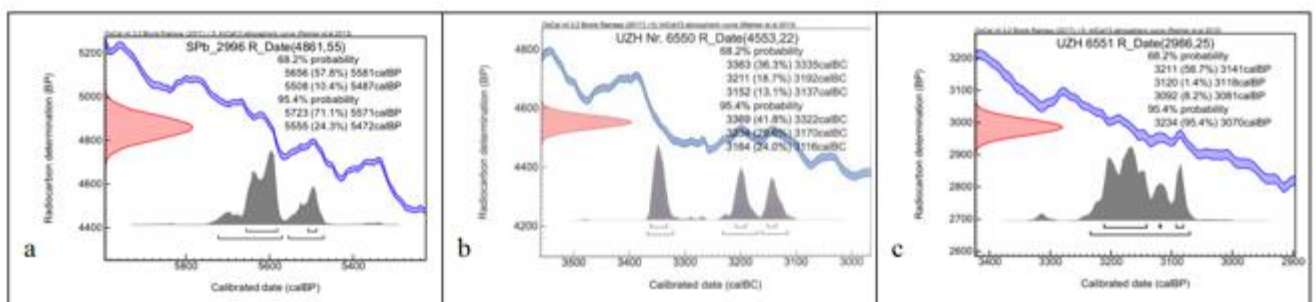


Рисунок 3.30 Радиоуглеродное датирование изученных почв. Код образца SPb_2996, датирующий материал - гуминовые кислоты из горизонта Ahb (a); Код образца UZ - 6550 / EТН - 97195. Материал датировки – Почвенное органическое вещество черных гумусовых лаков погребенной почвы (б); Код образца UZ - 6551 / EТН - 97195. Датирующий материал – Почвенное органическое вещество глинистых кутан фоновой почвы (с).

Подраздел 3.4.4. Палеоландшафтная реконструкция Тохмеевского курганного могильника

Морфологический анализ показал, что глубина верхних горизонтов в фоновой и в погребенной почве схожи. Погребенная почва не была срезана, что подтверждается фитолитным анализом, она также не преобразована диагенезом и/или антропогенным воздействием во время погребального обряда, например, нет явного увеличения содержания фосфора в верхних горизонтах погребенной почвы по сравнению с поверхностью, которая могла бы использоваться в качестве индикатора антропогенного воздействия (Canti and Huisman, 2015) (Приложение, таблица 3.17). Поэтому все горизонты погребенной почвы соответствуют исходным горизонтам, сформированным до сооружения курганного могильника. Этот факт позволяет связать возможные педогенные различия между погребенной и фоновой почвами с изменениями окружающей среды, которые произошли после захоронения.

Фоновая и погребенные почвы сформировались на одной поверхности со схожим рельефом на схожих материнских породах. Обе почвы являются *Retisols* (Приложение, таблица 3.16, рисунок 3.21, 3.22). Морфологические и аналитические свойства подтверждают, что почвы демонстрируют схожую текстурную разницу между верхним (Ah, E) и нижним горизонтами. Подобные почвы были описаны в Виловатовском могильнике бронзового века (широколиственный лесной массив в 50 км к северо-западу от Тохмеево; Александровский, 2015).

Большинство геохимических параметров (содержание элементов, распределение их по глубине) в погребенных и фоновых почвах Тохмеевского могильника схожи. Глинистые кутаны в иллювиальном горизонте выражены аналогично (рисунок 3.24). Исходя из сходства между фоновой и погребенной почвами, можно сделать вывод, что *Retisols* уже сформировались в этом районе до среднего бронзового века. Как фоновые, так и погребенные почвы имеют характеристики, сформированные в продуктивной лесной экосистеме: зернистая микроструктура, обильные ходы дождевых червей и гумусовая пропитка почвенной массы (рисунок 27 а, б). В соответствии со свойствами почвы микробиоморфные показатели показали сходство параметров среды между средним бронзовым веком и современными условиями

(рисунок 3.29). Обе почвы сформировались под смешанной широколиственно-хвойной лесной растительностью с высокой долей лиственных деревьев и травяного покрова.

Палеогеографическая интерпретация темного горизонта Ahb погребенной почвы

Помимо сходства, между погребенной и фоновой почвами могильника Тохмеево есть сильное различие. Погребенная почва имеет темный гумусовый горизонт с хорошо выраженной зернистой структурой и обильными копролитами. Микроморфологические исследования отражают пропитку основной массы темным гумусом в горизонте Ahb. Содержание углерода в погребенной почве превышает 2% в горизонте Ahb, что является высоким значением с учетом диагенетических изменений после погребения (Глазовская, 2009). Согласно расчету потери органического вещества после погребения (Иванов с соавт., 2015) почва могла потерять от 60 до 70% гумуса, что означает, что гумусовый горизонт погребенной почвы, вероятно, содержал до 12-14% углерода. Таким образом, есть все основания предполагать, что гумусовый горизонт отвечал требованиям молликового горизонта до погребения.

Радиоуглеродная дата верхней части горизонта Ahb составила около 5,5 тыс. л.н. Однако датированная фракция гумуса состоит из более старых и молодых органических соединений и дает только усредненную дату. Горизонт Ahb, вероятно, образовался в среднем голоцене или даже раньше. Это согласуется с многочисленными датами возраста молликовых горизонтов погребенных почв эпохи позднего неолита - бронзы в лесостепно-степном экотоне, что подтверждает предположение о том, что формирование молликовых горизонтов черноземов и серых лесных почв (Phaeozems) началось именно в этот период (Александровский, Александровская, 2005; Eckmeier et al., 2007; Русаков с соавт., 2019). Например, гумусовый горизонт погребенной почвы Таушкрасинского могильника (Aseyeva et al., 2019) датирован 6798–7177 кал. лет назад (диапазон 2σ, SPB_2454). Несмотря на то, что почвы могильника Таушкасы сформированы на песчаной почве, погребенная почва здесь также имеет очень темный гумусовый горизонт (Aseyeva et al., 2019).

Деградация темного гумусового горизонта

Отличием почв Тохмеевского могильника является наличие черных гумусовых кутан поверх бурых глинистых кутан в средних и нижних горизонтах погребенной почвы. В фоновой почве черные кутаны отсутствуют, хотя микроморфология свидетельствует об их прежнем распространении в почвах изучаемого района (рисунок 3.27). Комплекс многослойных коричневых глинистых кутан схож в иллювиальных горизонтах фоновой и погребенной почв. Мы полагаем, что обильные черные лаки указывают на начало дегградации гумусового горизонта. Увеличение подвижности гумусовых веществ может быть результатом внезапного усиления грозовой активности в засушливые летние сезоны (Miedema et al., 1999). Радиоуглеродный возраст для черных кутан примерно схож с возрастом гумусового горизонта, что указывает на

внезапное увлажнение в результате сильных ливней, которые вызвали перемещение гумусовых веществ вдоль основных поверхностей педов. Средний голоцен, по-видимому, характеризовался экстремальными явлениями осадков, сгруппированными в несколько коротких эпизодов (Панин с соавт., 2011). В зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов эти эпизоды регистрируются для интервалов, охватывающих период предполагаемой деградации гумусового горизонта (6,2–5,9, 5,5–5,2 и 3,6–3,0 тыс. calBP) (Панин с соавт., 2011). Бобровским М.В. (2010) была отмечена важная роль воздействия дождевых капель на почву в лесной зоне. Дождевые капли приводят к разрушению агрегатов и дальнейшему перемещению вниз по профилю, что приводит к поверхностному отбеливанию почв.

Гумусовый горизонт погребенной почвы Тохмеевского могильника недостаточно мощный для того, чтобы идентифицировать его как молликовый (15 см вместо 25 см по WRB). Однако мы находим признаки деградации гумусового горизонта в горизонтах AhE и EBt (темные участки прежнего более мощного гумусового горизонта). Деградация гумусового горизонта, по-видимому, произошла до начала раннего железного века. Никаких следов темноцветного гумусового горизонта или черных кутан в описанных ранее фоновой и погребенной почвах Сареевского городища нет (раздел 3.2). В результате площадного опробования почв, находящихся внутри могильника, а также за его пределами было установлено сходство морфологических и аналитических показателей фоновых почв (Приложение, таблица 2.1, Рисунки 5, 6). Во всех фоновых разрезах было подтверждено отсутствие темноцветных гумусовых горизонтов. А с помощью буровых скважин – отсутствие темных гумусовых лаков на всю глубину почвенного профиля (Makeev et al., 2020 b).¹⁰

Выводы

На основе сопряженных данных по нескольким хронорядам почв прослежены тренды эволюции почв и ландшафтов от эпохи бронзы до настоящего времени на южной границе лесного пояса. Комплексный анализ составного хроноряда почв на южной границе лесного пояса, включающего погребенные и фоновые почвы расположенных в непосредственной близости археологических памятников раннего железного (Сареевское городище) и бронзового веков (Тохмеевский и Таушкасинский курганные могильники) показал, что в строении и свойствах фоновых и погребенных почвах записаны устойчивые признаки лесного почвообразования. В почвах, сформированных на покровных суглинках (Сареевское городище и Тохмеевский

¹⁰ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Makeev A., Rusakov A., Kurbanova F., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva V., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the Holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian Plain. Quaternary International, pages 1–22, 2020. IF – 2,190 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015> личный вклад автора составляет 30%

курганный могильник) представлены однотипные погребенные и фоновые почвы, классификационно относящиеся к дерново-глубокоподзолистым (Классификация и диагностика..., 2004) или *Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic, Siltic)* (IUSS Working Group WRB, 2015). Характер текстурной дифференциации и комплекс глинистых кутан и скелетан одинаков, как по макроморфологическим, так и по микроморфологическим признакам, а также по данным валового и гранулометрического состава. Погребенные и фоновые почвы Таушкасинского курганного могильника, сформированные на другой литологической основе (дериваты пермских песчаников) также близки между собой (*Folic Eutric Cambisol*, IUSS Working Group WRB, 2015). Несмотря на отсутствие дифференциации профиля, в обеих почвах было отмечено появление слабых свойств *luvic* в срединном горизонте погребенных почв Bwb, что также согласуется с представлением о господстве лесных условий. Сказанное позволяет говорить о близости биоклиматических условий, на южном фланге лесной зоны начиная с эпохи бронзы по настоящее время. Несмотря на различия в литологическом фоне, почвенные свойства отражают постоянство лесных условий на протяжении всего изученного временного интервала. Свойства почв согласуются с микробиоморфными спектрами погребенных и фоновых почв всех членов составного хроноряда. В составе пыльцевых спектров фоновых и погребенных почв под насыпью земляного вала раннего железного века, пяти курганов Тохмеевского и Таушкасинского могильников доминирует пыльца древесных пород, присутствует пыльца широколиственных пород (дуб, липа). Фитолитные спектры также подтверждают, что погребенные почвы не срезаны и формировались под лесной растительностью с участием широколиственных пород и богатым травянистым покровом. Сходные морфологические и аналитические свойства, а также микробиоморфные спектры фоновых и погребенных почв, свидетельствуют о сходстве природных условий с начала суббореала и до настоящего времени. Это заключение находится в соответствии со спорово-пыльцевыми данными по торфяным залежам, полученным по верховым болотам, расположенным в подзоне хвойно-широколиственных лесов (рисунок 2.1) (Новенко с соавт., 2019).

Несмотря на сходное строение профиля всех почв составного хроноряда, погребенные почвы эпохи бронзы отличаются наличием темноцветного (7,5YR 3/1) гумусового горизонта с развитой зернистой структурой, отвечающих критериям темногомусового (*mollic*) горизонта, характерного для степных почв (черноземов). Темноцветный гумусовый горизонт представлен как в почвах на покровных суглинках, так и в почвах на супесчаных отложениях. Таким образом, мы можем говорить о сходстве палеопочвенных записей на разном литологическом фоне. Радиоуглеродный возраст гумусовых кислот составляет 5571 – 5723 calBP для Тохмеевского кургана и 6798 – 7177 calBP для Таушкасинского кургана. Это согласуется с многочисленными

датами по возрасту гумусовых горизонтов погребенных почв эпохи позднего неолита - бронзы, что подтверждает предположение о том, что формирование темноцветных гумусовых горизонтов всех этих почв ложится на время до конца атлантического периода. Этот период часто рассматривается как время степного почвообразования. Однако отсутствие кротовин и глубокое залегание карбонатов в профиле погребенных почв, а также характер микробиоморфных спектров, позволяет признать наиболее вероятным существование на юге лесной зоны в это время открытых лесных сообществ с широким участием лугово-степных трав. Изотопный анализ также подтверждает отсутствие степных условий: $\delta^{13}\text{C}$ составляет $-22.1 \pm 1.0\text{‰}$ для погребенной почвы и $-30.6 \pm 1.0\text{‰}$ для фоновой. Оба значения лежат в пределах, характерных для развития лесных (СЗ) злаков в период формирования темноцветного гумуса. В горизонтах Vt погребенных почв Тохмеевского курганного могильника также представлены черные гумусовые пленки (лаки), поверх бурых глинистых кутан. Черные гумусовые пленки отсутствуют в фоновой почве, где в горизонтах Vt представлены бурые кутаны. Однако в шлифах из самых нижних горизонтов фоновой почвы представлены остатки гумусовых лаков на поверхности отдельных педов. Это говорит об их повсеместном распространении в исследуемом районе. Радиоуглеродные датировки для устойчивых фракций гумуса кутан (5305 ± 20 calBP UZ-6550/ETH-97195), согласуются с датой для темноцветного гумусового горизонта. По-видимому, обилие черных лаков регистрирует начало деградации темноцветного гумусового горизонта. Эта деградация укладывается в интервал от эпохи средней бронзы до раннего железного века

В погребенных почвах Сареевского городища уже нет ни темноцветного гумусового горизонта, ни черных лаков на поверхности глинистых кутан. Причиной деградации может интенсивное промачивание профиля в сухие летние периоды ливневыми осадками (Miedema, et al., 1999). В рассматриваемый период по флювиальным архивам выделяется период повышенной грозовой активности, который может объяснить формирование гумусовых лаков по всей трещинной сети ($3.6 - 3.0$ ka calBP, Панин, 2011). В целом, эволюция почв территорий зоны широколиственных лесов и северной лесостепи в голоцене рассматривается как трансформация темногумусовых почв в деградированные варианты почв со слабо дифференцированным профилем (Бобровский, 2013).

Сопоставление хронорядов почв эпохи бронзы, сформированных на покровных суглинках, и на супесчаных отложениях позволяет выявить различия и сходства записи эволюции природной среды в почвах, сформированных на разном литологическом фоне. В почвах на супесчаных отложениях отсутствуют сложный кутанный комплекс, представленный в почвах на покровных суглинках. В то же время темноцветный гумусовый горизонт представлен повсеместно.

Проведенные исследования по площадному опробованию фоновых и погребенных почв

демонстрируют важность учета пространственного варьирования почвенных свойств при палеоладшафтных реконструкциях. Полученные результаты убедительно подтвердили на массовом материале сделанные выводы о том, что в строении и свойствах фоновых и погребенных почв Тохмеевского курганного могильника записаны устойчивые признаки лесного почвообразования. Также сходство распределения гранулометрических фракций в профилях погребенных и фоновых почв подтверждает, что почвы эпохи бронзы уже обладали сходным строением профиля, и текстурная дифференциация связана с более ранними этапами. В фоновых почвах отсутствуют темноцветные гумусовые горизонты и черные гумусовые лаки, характерные для погребенных почв. Их отсутствие можно считать результатом эволюции природной среды начиная с эпохи бронзы (Makeev et al., 2020 a)¹¹.

¹¹ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Makeev A., Rusakov A., Khokhlova O., Kust P., Mikhaylova D., Aseyeva E., Kurbanova F., Rusakova E., Mihailov E. Dataset on spatial variability of soil properties: Tokhmeyevo archaeological site of the bronze age, Chuvashia (southern fringe of the forest zone, the Russian Plain). Data in Brief, 2020. IF – 1,50 <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2020.106489> Личный вклад автора составляет 30%

ГЛАВА 4. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

В центральной лесостепи были изучены почвы под валами пяти городищ, расположенных близко друг к другу и сооруженных начиная с 2500 л.н. Субатлантический период (2700 – наше время) характеризовался снижением температуры и повышением влажности, однако, был самым нестабильным за весь голоцен по колебаниям температур, солнечной активности и количеству осадков (Иванов, Табанакова, 2003; Панин с соавт., 2011). Развитие почв в этот период не было односторонним и до сих пор остается спорным (Глава 1).

Раздел 4.1. Физико-географическая характеристика района исследования

Район исследования расположен в центральной части лесостепной зоны Европейской России, в окрестностях г. Задонска Липецкой области. Слегка холмистые возвышенности, расположенные на 160-165 м над у.м. сильно изрезаны долинами и оврагами. Четвертичные отложения представлены ледниковыми отложениями - мореной с преобладанием суглинков с гравием, галькой и глиной (Геологическая карта четвертичных отложений Липецкой области, 1998). Верхние отложения представлены мощным слоем лесса (до 26 м), карбонатными и бескарбонатными, иногда с присутствием гипса (Сычева с соавт., 2017, Трегуб, 2014).

По схеме геоморфологического районирования центрально-черноземных областей территория исследования относится к Придонскому известняково-карстовому району типичной лесостепи. Поверхность района представляет собой возвышенную волнистую равнину, расчлененную долинами, балками и оврагами. Степень долинно-балочного расчленения составляет 0,8 км/км² (Кочуров, 2003). Главными рельефообразующими породами являются верхнедевонские известняки (Евлановые, Елецкие и Данково-Лебединские слои). На водоразделах они покрыты песками, темными глинами и песками с прослойками песчаников и глин. Темные глины относятся к верхней юре, пески – к нижнему мелу. Юрские отложения, однако, не имеют сплошного распространения. В местах их отсутствия породы нижнего мела лежат непосредственно на девоне. Четвертичные отложения представлены покровными породами и являются почвообразующими.

Основными формами рельефа, определяющими характер поверхности территории, являются межбалочные водоразделы, их склоны, долины рек, балки, овраги и отходящие от них вытянутые ложатинообразные понижения. Водоразделы по форме выпуклые, узкие, изоморфно-вытянутые. Склоны водоразделов различной крутизны от пологих (1-2°) до сильнопокатых (5-6°). Преобладающими склонами являются склоны западной экспозиции, крутизной 1-3°. Склоны, прилегающие к долинам рек наибольшей крутизны достигают в центральной части, а

прибалочные склоны – в нижней части. Склоны балок хорошо задернованы, оврагов и обнажений пород мало (Иванов, 2003).

Основные реки - Дон и его приток река Снова, которая протекает в нескольких километрах от места исследования. Район исследования характеризуется умеренно-континентальным климатом со средней температурой $+23,5^{\circ}\text{C}$ в июле и $-9,5^{\circ}\text{C}$ в январе, среднегодовое количество осадков составляет 548 мм (<https://en.tutiempo.net/>). Естественная растительность разнообразная, так как территория расположена в экотоне лесостепи и состоит из разнотравных степей и участков липового и дубового леса (Атлас Липецкой области, 1994). В почвенном покрове преобладают *Luvic Phaeozems* (IUSS Working Group WRB, 2015), покрывающие возвышенности и пологие склоны.

Объекты исследования

С давних времен люди основывали поселения на берегу реки Дон. Вдоль побережья были основаны многочисленные поселения и курганы, относящиеся к бронзовому и железному векам. Начало раннего железного века в VIII-VII вв. до н.э. в лесостепных районах Восточной Европы ознаменовалось появлением новых типов памятников - прежде всего городищ и крепостных стен. В лесостепном Дону известно около 60 городищ. Для повышенной защиты жителей все поселения располагались на возвышенностях, занимая узкие мысы, образованные стыком оврагов с крутыми склонами (рисунок 4.1 б). Из-за многолетнего и многоцелевого использования поселения часто окружали несколькими валами.

Поселения Мухино, Ксизово и Дегтевое располагались на расстоянии нескольких километров друг от друга (рисунок 2.1, 4.1), и представляли собой городища раннего железного века, окруженные оборонительными валами. Сохранившаяся высота земляных стен колеблется от 30 до 150 см. Поселение Мухино имеет два вала, первый был построен ~ 2500 лет назад (Mb-1) и принадлежит городецкой культуре, второй вал был построен гуннами ~ 1500 лет назад (Mb-2), расстояние между ними составляет два метра. Две земляные стены городища Дегтевое относятся к скифоидной культуре и были сооружены ~ 2500 (Дб-1) и 2300 лет назад (Дб-2). Скифоидная культура принадлежит скифам, проживавшим в лесостепной части Придонья, обряды которых несколько отличались от обычных скифов (Медведев, 1999). Радиоуглеродное датирование древесного угля позволило установить, что оборонительный вал у городища Ксизово был построен ~ 2500 лет назад (Kb) и также принадлежит к скифоидной культуре (Разуваев, 2018).

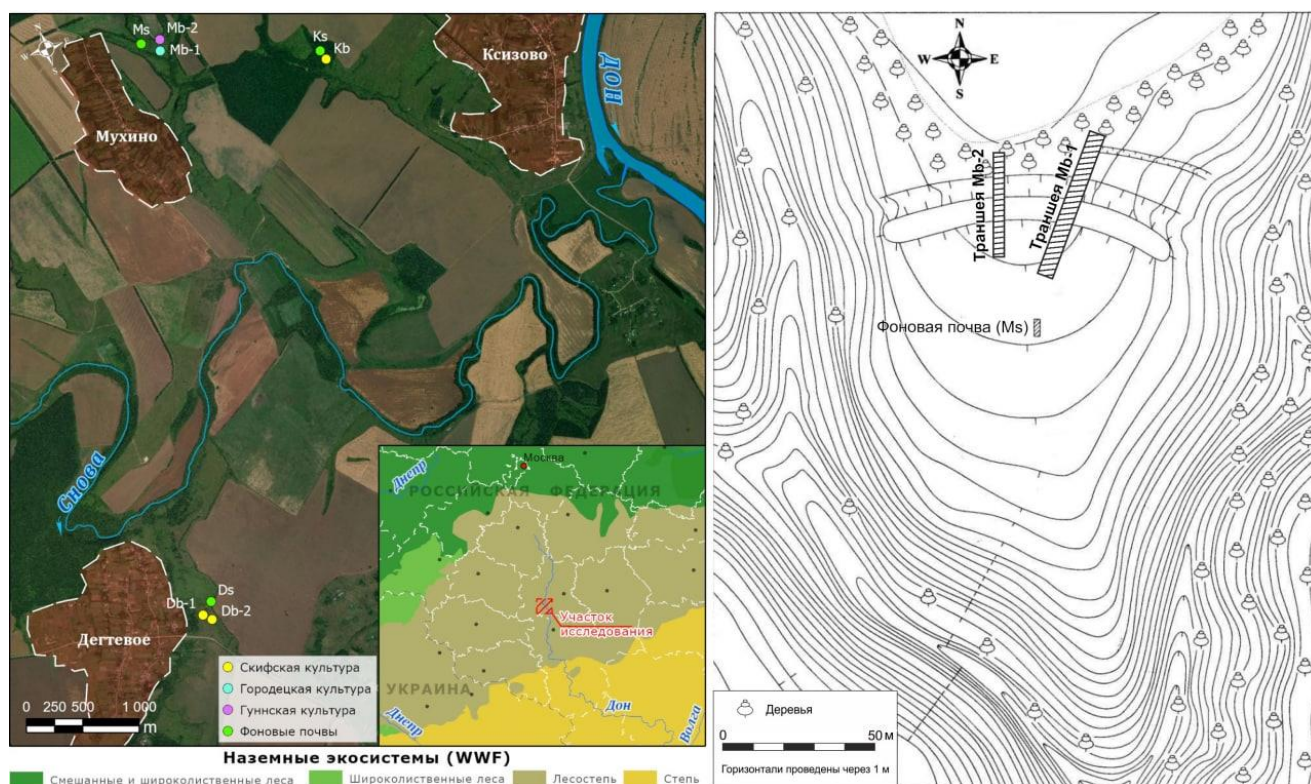


Рисунок 4.1. а) Расположение объектов исследования. Источник спутникового изображения: Esri, World Imagery (Firefly), 2020, карта основа – наземные экорегионы по данным Olson et al. (2001); б) Расположение оборонительных валов на вершине холмистой местности городища Мухино (Земцов с соавт., 2017).

Растительность участков Мухино и Дегтевое представлена травянисто-травяными сообществами с отдельными участками лиственного леса. Почвы этих участков сформировались на карбонатном лессе, в то время как почвообразующие породы городища Ксизово были представлены бескарбонатным лессом. Оборонительный вал городища Ксизово покрыт преимущественно лесной растительностью, среди которой преобладает вяз *Ulmus L.*

Раздел 4.2. Исследование почв центральной части лесостепной зоны

Подраздел 4.2.1. Морфологическое описание почв

Все почвы сформировались в лессовых отложениях, которые различаются по содержанию карбонатов и гипса. Почвы были классифицированы как *Luvic Phaeozems (Cutanic, Loamic)*, другие квалификаторы отличались в зависимости от ключевого участка и времени погребения. Отбеленные зерна ила и песка в нижней части гумусового горизонта (AhE) указывают на *greyzemic* свойства (IUSS Working Group WRB, 2015). Иллювиальный горизонт характеризуется ореховатой призматической структурой и глинистыми кутанами на поверхности педов. Почвы различаются цветом гумусового горизонта, количеством и формой карбонатов, Fe-Mn конкреций, содержанием гипса, количеством кротовин и выраженностью признаков *luvic* и *greyzemic*.

Почвообразующие породы почв участка Мухино представляют собой карбонатные лессовые отложения. Фоновая почва (Ms) состоит из следующих горизонтов: Ah-AhE-AhBt-Bt-Btk-Bck и определена как *Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)* (рисунки 4.2, 4.9). Горизонт Ah имеет темно-серый цвет 10 YR 4/1 и зернистую структуру (Приложение, таблица 4.1). В нижней части горизонта AhE появляются отбеленные пылеватые и песчаные зерна. Горизонт Bt характеризуется ореховато-призматической структурой и хорошо выраженными глинистыми кутанами на поверхности педов. Карбонаты появляются на глубине 100 см в горизонте Btk и представлены белоглазкой и псевдомицелием. Содержание карбонатов в горизонте Bck увеличивается, на что указывают сильное вскипание общей массы, в горизонте появляются журавчики и карбонатные пленки поверх глинистых кутан.

Погребенные почвы исследованы под двумя валами с сохранившейся мощностью 150 см. Оборонительные валы были сооружены из почв, выкопанных в непосредственной близости друг от друга и содержали вторичные карбонаты. Почва, погребенная 2500 лет назад (Mb-1) (*Chernic Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)*), состоит из следующих горизонтов: AhEb-AhBb-Btb-Bkb-Bckb (Приложение, таблица 4.1, Рисунки 4.2, 4.9). Все горизонты данной почвы характеризуются слабым вскипанием. Первый горизонт AhEb содержит кротовины размером ~ 10 см. В нижней части темно-серого (10 YR 2/1) молликового горизонта появляются скелетаны. В горизонте Btb ореховатые и призматические структурные единицы, а также трансмагистральные трещины перекрыты мощными глинисто-гумусовыми кутанами. Карбонаты проявляются в горизонте Bkb в виде белоглазок, ризоконкреций и пленок, покрывающих глинистые кутаны. Горизонт Bckb характеризуется сильным вскипанием, наличием белоглазок и журавчиков.

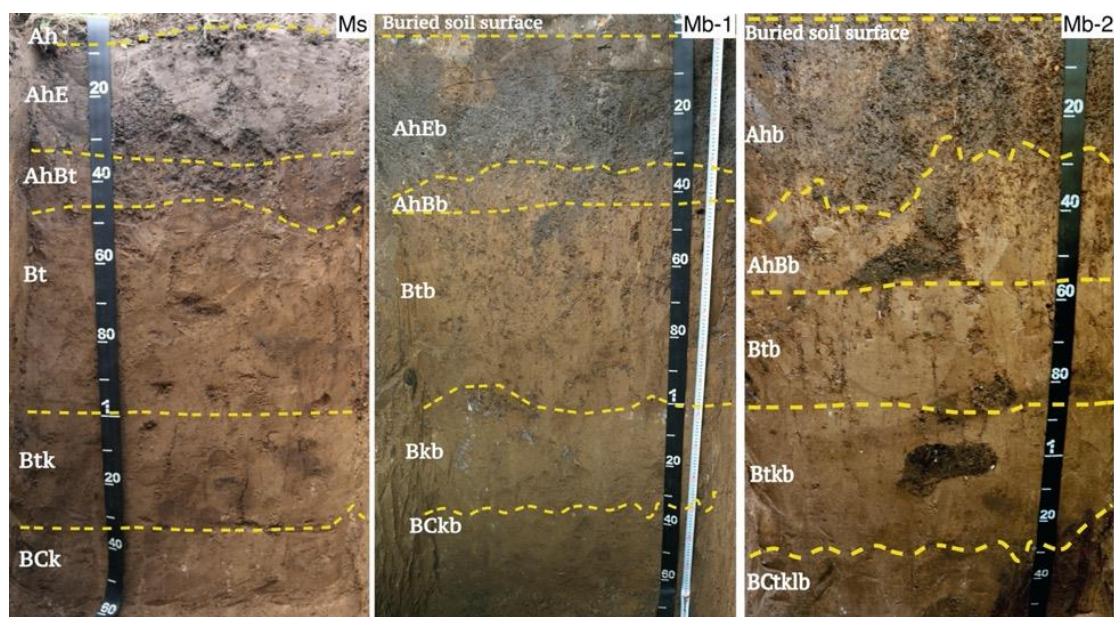


Рисунок 4.2 Погребенные и фоновые почвы городища Мухино

Почва, погребенная под валом, сооруженным 1500 лет назад (Mb-2), соответствует критериям *Gleyic Chernic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)* и включает следующие горизонты: Ahb-

AhBb-Btb-Btkb-BCtklb. В отличие от других почв участка Мухино, в темно-сером (10 YR 2/1) молликовом горизонте отсутствуют карбонаты и силтаны (Приложение, таблица 4.1, рисунок 4.2, 4.9). Кротовины с темно-гумусовым заполнением ярко выражены и встречаются в горизонтах AhBb, Btb и Btkb. В этой почве количество кротовин гораздо больше, чем в других почвах. Глинистые кутаны хорошо выражены в иллювиальных горизонтах. Карбонаты обильно встречаются с глубины 85 см и представлены белоглазками, журавчиками и карбонатными пленками поверх глинистых кутано. Окислительно-восстановительные условия в горизонте BCtklb проявляются в виде размытых красноватых (5 YR 4/6) и сизоватых пятен (G1 5/10Y) и марганцевых конкреций.

Почвы участка Дегтевое были сформированы в карбонатном лессе с включением единичных кристаллов гипса. Из-за сплошной распашки территории, прилегающей к оборонительному валу, в качестве фоновой была выбрана почва под пашней. Фоновая почва (Ds) классифицируется как *Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Anthric, Cutanic, Gypsic, Loamic)* и состоит из следующих горизонтов: Ahp-Ahpy-Bty-Btgy (рисунок 4.3, 4.10). Горизонт Ahp имеет серовато-коричневую окраску 10 YR 5/2 и слабую зернистую структуру (Приложение, таблица 4.2). Горизонт Ahpy состоит из бесструктурного и очень плотного материала из-за вспашки. Нижняя часть почвы также уплотненная, ореховатая с глинисто-гумусовыми кутанами на гранях педов. В горизонте Btgy присутствуют Fe-Mn конкреции, с глубиной их количество уменьшается. В фоновой почве единичные кристаллы гипса встречаются с 20 см, что подтверждает наследственность гипса почвенными породами.

Почвы, погребенные 2500 лет назад (Db-1) и 2300 лет назад (Db-2), были определены как *Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Anthric, Cutanic, Gypsic, Loamic)*. Высота вала составляет 60 см над почвой Db-1 и 30 см над почвой Db-2. Профиль почвы, погребенной 2500 лет назад, включает горизонты AhEb-AhBtb-Btgyb-BCkgyb (Приложение, таблица 4.2). Цвет горизонта Ahb очень темный серовато-коричневый (10 YR 3/2), в нижней части горизонта присутствуют отбеленные зерна кварца и полевых шпатов. Структура горизонта Ahb зернистая, переходящая в призматическую и ореховатую в нижележащем горизонте AhBtb. В горизонте Btgyb обнаружено большое количество железисто-марганцевых конкреций, что указывает на меняющиеся окислительно-восстановительные условия. Единичные кристаллы гипса встречаются на глубине 40 см от начала погребенной почвы. В горизонте BCkgyb глинистые кутаны становятся более темными, а Fe-Mn конкреции встречаются более часто. Карбонатные новообразования появляются с глубины 105 см и представлены белоглазками размером до 5 см.

Погребенная 2300 лет назад почва состоит из горизонтов AhEb-AhBtb-Btgyb-Bgyb-BCkb. Горизонт AhEb состоит из более светлых и более темных (10 YR 5/2) частей. Глинисто-гумусовые кутаны залегают в нижележащем горизонте AhBtb. Fe-Mn конкреции присутствуют во всех

иллювиальных горизонтах – Btgyb, Bgyb и BCkb. В горизонте Btgyb появляются единичные кристаллы гипса (до 3 мм). Редкие белоглазки появляются на глубине 130 см в горизонте BCkb.

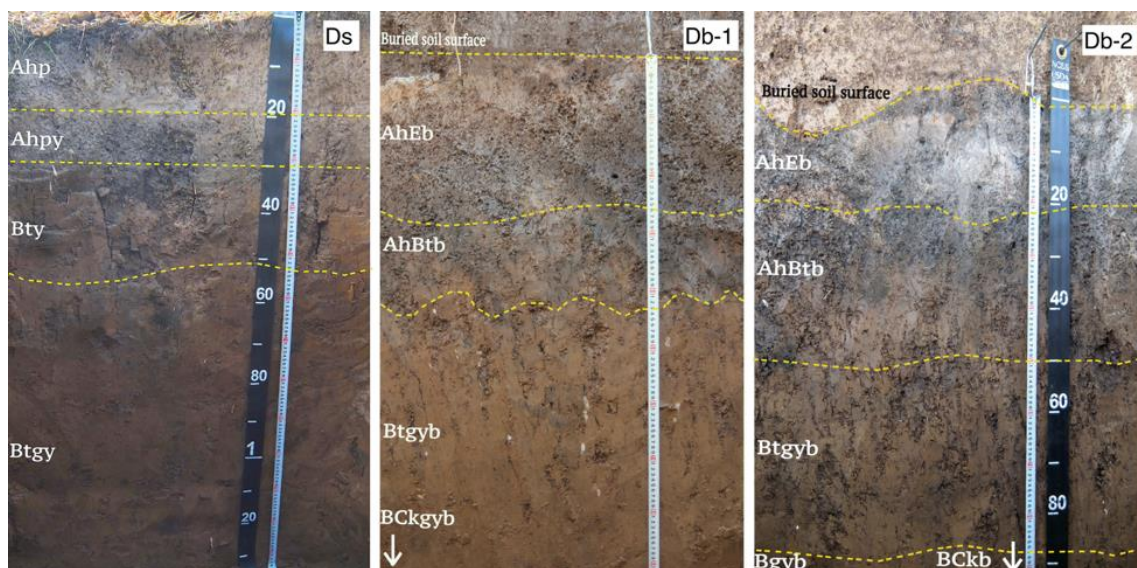


Рисунок 4.3 Погребенные и фоновая почвы городища Дегтевое.

Лессовые отложения почв участка Ксизово не содержат карбонаты. Профиль фоновой почвы состоит из горизонтов Ah-AhE-AhBt-Btg-BCg и был классифицирован как *Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)*. Горизонт AhE имеет сероватый цвет - 10 YR 5/1 (Приложение, таблица 4.3, рисунок 4.4, 4.11). В этой почве хорошо выражены *greyzemic* и *luvic* свойства (IUSS Working group, 2015). Fe-Mn конкреции начинаются от 35 см и достигают максимума на глубине 90-140 см. Сохранившаяся толщина земляной насыпи составляет 30 см. Погребенная почва имеет следующую последовательность горизонтов: AhEb-AhBtb-Btb-Bgtb-BCgb-Cgb и классифицируется как *Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)*. В нижней части горизонта AhEb хорошо выражены силтаны. Горизонты Btb и Bgtb характеризуются коричневатой окраской и глинисто-гумусовыми темными кутанами на гранях структурных отдельностей. В этих горизонтах присутствуют Fe-Mn конкреции, которые появляются на глубине 35 см и доходят до материнской породы. Сизоватые оттенки почвенной массы на глубине 130 см (горизонт Cgb) указывают на застойные условия.

Подраздел 4.2.2. Микроморфологические исследования почв

Изучение микроморфологических шлифов подтверждает тот факт, что все почвы развивались на лессовых отложениях. В основной массе преобладают пылеватые зерна (в основном крупная пыль) с примесью мелкого и среднего песка. В целом микроморфологические исследования указывают на то, что погребенные и поверхностные почвы соответствуют диагностическим критериям свойств *luvic*. Нижние горизонты почв Mb-2, Db-1 и Db-2

характеризуются хорошо развитой микроструктурой и темной окраской основной массы, что указывает на признаки погребенной почвы *Cambic Cryosol* на глубине ~ 130 см.

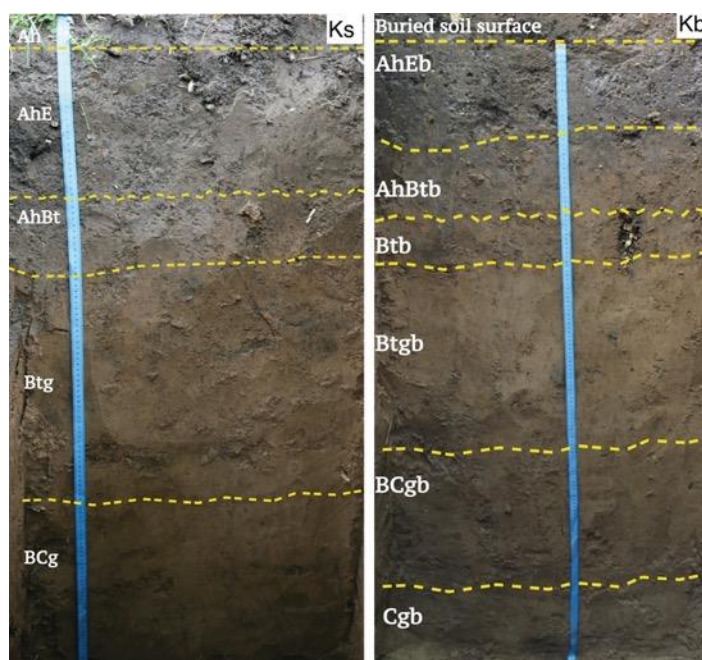


Рисунок 4.4 Фоновая (Ks) и погребенная (Kb) городища Ксизово

Городище Мухино. В верхних горизонтах фоновой почвы представлены два типа основной массы: а) почвенная масса темно-коричневого цвета с изотропным типом ориентации оптической массы; б) более светлая масса характеризующаяся низким двупреломлением, обусловленная низким содержанием мелкодисперсного пылеватого материала (рисунок 4.5.а). Горизонт AhE содержит Fe-Mn конкреции и единичные отбеленные зерна кварца (рисунок 4.5.б). Горизонты Bt и Btk характеризуются однородной основной массой, дендритовыми Fe-Mn конкрециями и комплексом глинистых и глинисто-гумусовых кутан на поверхности пор и ассимилированных фрагментов глинистых кутан (рисунок 4.5 с). Нижний горизонт содержит многослойные глинистые и микритовые кутаны, образующих три-четыре слоя, что свидетельствует об изменении условий (рисунок 4.5.d). Первый слой состоит из кристаллов люблинита, расположенных вдоль поры, второй слой – микритовый, третий микритовый слой содержит фрагменты ассимилированных глинистых кутан и Fe-Mn конкреций.

По сравнению с фоновой почвой, свойства *greyzemic* лучше выражены в почве Mb-1, что хорошо видно по наличию обильных групп отбеленных зерен кварца в порах в горизонте AhBb (рисунок 4.5 е). Для горизонта AhEb характерна интенсивная гумусовая пропитка поверхностей педов с внутренними гипокутанами темно-коричневого цвета (рисунок 4.5 с). Горизонт Btb характеризуется высоким двупреломлением основной массы и комплексным набором педофункций, включающий тонкие и слоистые глинистые и гумусово-глинистые кутаны, карбонатные нодулы, пленки и пропитки. В горизонтах Bkb и BCkb появляется игольчатый кальцит. В

этих горизонтах поры покрыты составными двух-трехслойными карбонатно-глинистыми кутанами, причем внешний слой представлен либо глинистыми, либо игольчатыми карбонатными кутанами в порах. Хорошо видно, как глинистые кутаны разрушаются микритовыми новообразованиями (рисунок 4.5 f).

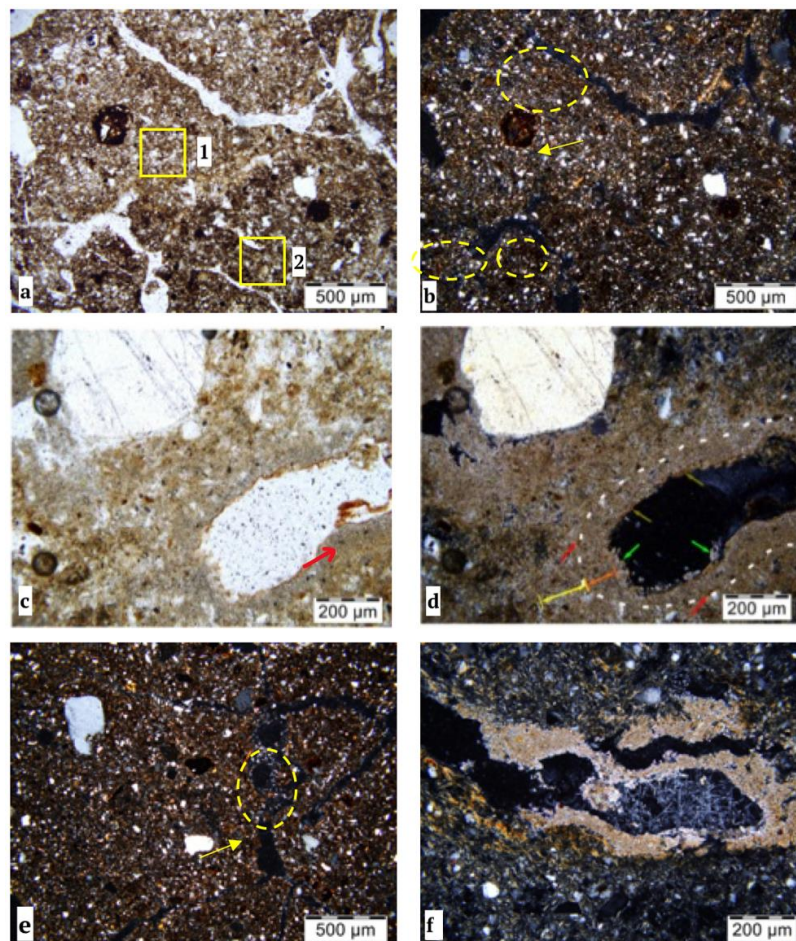


Рисунок 4.5 Микропризнаки фоновой (ABCD) и погребенной 2500 л.н. (EF) почв участка Мухино. А. Горизонт AhE фоновой почвы (15-25 см). Два типа основной массы со светло-коричневой (1) и темно-коричневой (2) частями (PPL); В. Горизонт AhE фоновой почвы (15-25 см). Обращает на себя внимание конкреции Fe-Mn в основной массе (отмечены стрелкой) и отбеленные зерна ила и песка (зоны, обведенные пунктирной линией) (XPL); С. Горизонт Btk фоновой почвы (110-115 см) Ассимилированные фрагменты глинистых кутан (PPL); D. Горизонт Btk фоновой почвы (110-115 см). Трехслойные составные карбонатно-глинистые кутаны: кристаллы люблинита (зеленые стрелки) на слое микрослоистой кутаны (оливковые стрелки); верхний микритовый слой (оранжевая стрелка) и нижний микритовый слой, обогащенный фрагментами глинистых кутан и конкрециями Fe-Mn (желтая стрелка) (XPL); Е. Скелетаны в порах горизонта AhEb в почве Mb-1 (10-20 см) (XPL); F. Почвенные свойства в горизонте Bkb почвы Mb-1 (110-115 см). Составные карбонатно-глинистые кутаны - микритовый слой и игольчатые кристаллы кальция в порах. Обращают на себя внимание разрушенные глинистые кутаны (XPL).

Горизонт Ahb почвы Mb-2, как и в других почвах, состоит из более темной и более светлой частей и характеризуется зернистой микроструктурой, которая свидетельствует о высокой

степени биотурбации. Отбеленные песчаные и пылеватые зерна отсутствуют в данной почве (рисунок 4.6.а). Карбонаты в горизонте Btkb и BCtklb представлены микритовыми конкрециями и пленками, причем их количество существенно больше, чем в других почвах. В шлифах отчетливо прослеживается стадия разрушения глинистых кутан новообразованными карбонатными гипокутанами (рисунок 4.6.б, в). В самом нижнем горизонте (BCtklb) отмечены обильные глинисто-гумусовые ассимилированные круглые агрегаты, указывающие на погребенную доголоценовую почву (рисунок 6.d).

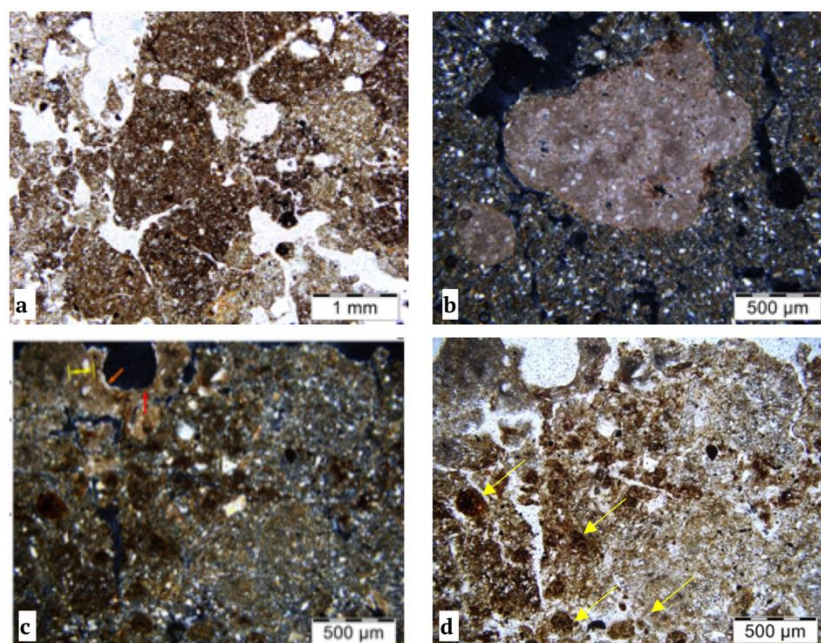


Рисунок 4.6 Микроморфологические снимки почвы, погребенной 1500 лет назад ключевого участка Мухино.

A. Горизонт Ahb (10-20 см). Зернистая микроструктура. Два типа основной массы, более темная и светлая часть гумуса (PPL);

B. Горизонт BCtklb (110-115 см). Микритовое новообразование с частицами разрушенной глинистой кутаны поверх (XPL);

C. Составные кутаны в горизонте BCtklb (140-150 см): карбонатная гипокутана с признаками глинистых кутан (красная стрелка), разрушенных новообразованным слоем беловатых микритовых кристаллов (оранжевая стрелка) (XPL);

D. Обращают на себя внимание обильные глинисто-гумусовые ассимилированные круглые агрегаты, отмеченные стрелками (PPL).

Участок Дегтевое. В горизонте AhEb почвы Db-1 большинство зерен кварца песчаной или пылеватой размерности покрыто тонким слоем почвы (рисунок 4.7 а). Верхний горизонт почвы, погребенной 2300 лет назад, такие же зерна кварца отбелены (рисунок 4.7 б). Горизонт AhEb почвы Db-1 имеет темно-коричневый цвет основной массы, тогда как основная масса идентичного горизонта почвы Db-2 более светлая. Единичные Fe-Mn конкреции представлены в

горизонте AhBtb почвы, погребенной 2500 лет назад, в почве Db-2 небольшие Fe-Mn конкреции встречаются выше.

Основная масса в Btgyb и BCkgyb почвы, погребенной 2500 лет назад, характеризуется высоким уровнем двупреломления и спутанно-волокнистым типом оптической ориентации, большая часть глинистых кутан представлена ассимилированными фрагментами в основной массе (рисунок 4.7 с). Накопление кристаллов гипса отмечено на глубине 65 см. В почве, погребенной 2300 лет назад, можно наблюдать низкое двупреломление и вокругскелетный тип оптической ориентации основной массы. Глинистые кутаны равномерно покрывают структурные поверхности педов иллювиальных горизонтов (рисунок 4.7 d). В отличие от почвы Db-1, железисто-марганцевые конкреции встречаются чаще в профиле Db-2. В шлифах карбонатные новообразования представлены в виде микритовых конкреций и пленок в почве, погребенной 2500 лет назад, тогда как в почве, погребенной на 200 лет позже, карбонаты представлены редким спаритом. Горизонт BCkgyb почвы Db-1 и горизонт BCkb почвы Db-2 содержат в себе признаки доголоценовой почвы и характеризуются хорошо выраженной ооидной микроструктурой, темной окраской основной массы и фрагментами глинистых кутан (рисунок 4.7 e, f).

Горизонт AhE фоновой почвы участка *Ксизово* характеризуется сильно развитой комковатой микроструктурой (рисунок 4.8 а). Количество кутан увеличивается с глубиной, на глубине 65-70 см наблюдается типичный иллювиальный горизонт (рисунок 4.8 b). Горизонт погребенной почвы AhEb характеризуется двумя типами основной массы, более темной внутренней частью педов и более светлой, характерной для внешней части структурных отдельностей (рисунок 4.8 с). Иллювиальный горизонт погребенной почвы, характеризующийся более мощными кутанами, чем фоновая почва, и большим количеством железо-марганцевых вкраплений (рисунок 4.8 d). Крупные зерна отмечены в горизонте Clb, лишь редкие глинистые кутаны встречаются на глубине 140 см.

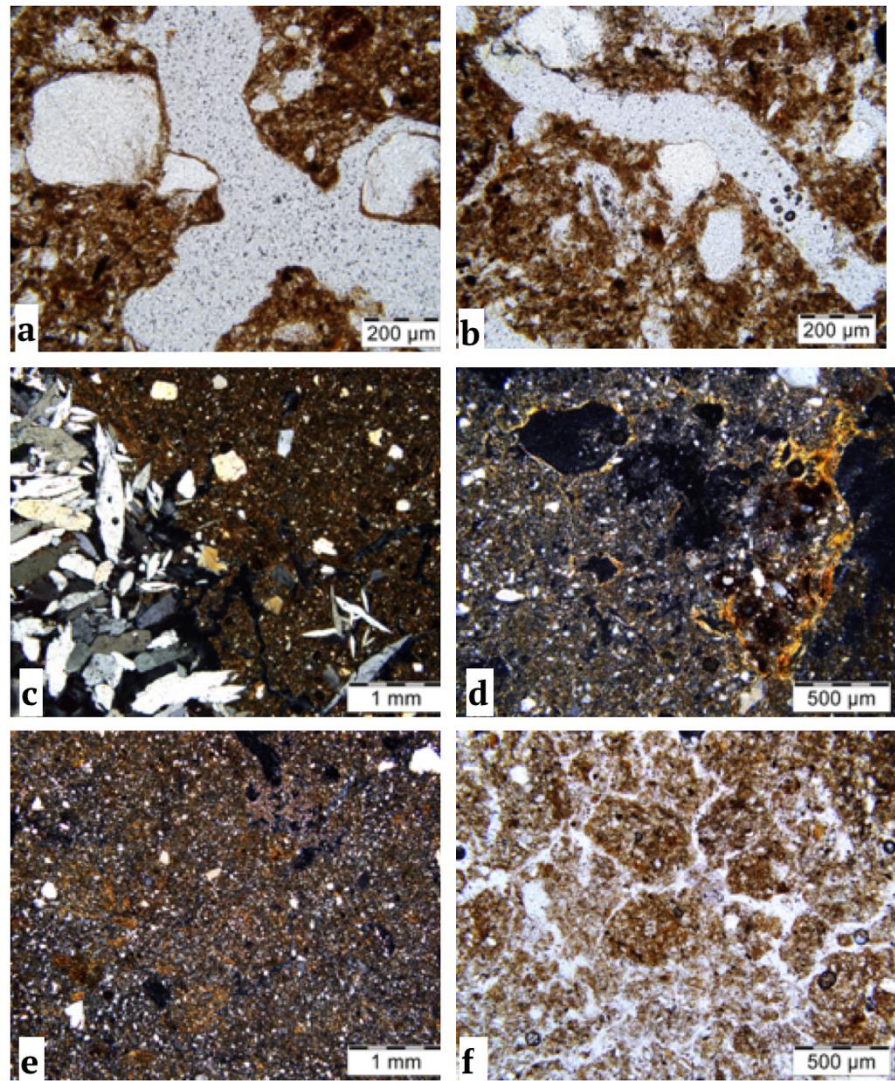


Рисунок 4.7 Сравнение микроморфологических особенностей погребенных почв ключевого участка Дегтевое.

А. Почва, погребенная 2500 лет назад. Зерна кварца ассимилированы во внутрипедной массе (XPL);

В. Почва, погребенная 2300 лет назад. Отбеленные зерна кварца на границе с порами. Обращают на себя внимание небольшие Fe-Mn конкреции (PPL);

С. Горизонт Btgyb, 65-70 см. Основная масса с высоким двупреломлением и кристаллами гипса в поре. Следует отметить отсутствие Fe-Mn конкреций и редкие фрагменты глинистых кутан внутри структурных единиц (XPL);

Д. Btgyb горизонт 60-70 см. Обращают на себя внимание хорошо развитые глинистые кутаны и Fe-Mn конкреции. Низкое двупреломление основной массы (XPL);

Е - XPL, F - PPL. Почва погребенная 2300 лет назад, горизонт BCkb 150-155 см. Признаки погребенной позднеплейстоценовой почвы; Хорошо развитая комковатая микроструктура, микритовые пленки в пустотах. Обращает на себя внимание более темный цвет ассимилированных агрегатов по сравнению с основной массой.

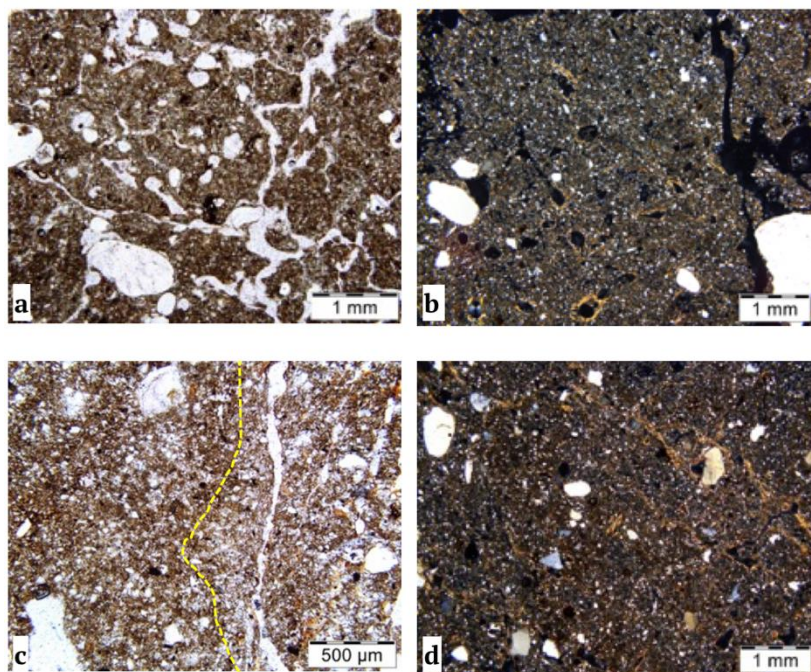


Рисунок 4.8 Микроморфологические признаки почв ключевого участка Ксизово.

А. Горизонт AhE, 10-20 см. Комковатая микроструктура. Высокое содержание отбеленных кварцевых зерен песчаной фракции (ППФ).

В. Иллювиальный горизонт (65-70 см) с глинистыми кутанами и высоким двупреломлением основной массы (XPL).

С. Горизонт AhEb, 5-15 см. Обращают на себя внимание микрозоны с истощением мелкодисперсного гумуса вокруг пустот (PPL).

Д. Горизонт Btgb с высоким двупреломлением основной массы и хорошо выраженными глинистыми кутанами, 60-70 см (XPL).

Подраздел 4.2.3. Физико-химические параметры

Гранулометрический состав изученных почв является типичным для лессовых отложений и характеризуется высоким содержанием пылевой фракции (в среднем 52%) с преобладанием крупной пыли (32%) и низким содержанием песка (7%). Текстульный класс почв варьируется между пылеватым суглинком и пылеватым тяжелым суглинком (Руководство FAO, 2006). Контраст возникает между верхней и нижней частями почв, так что гумусовые горизонты формируются в пылеватом суглинке, а иллювиальные - в пылеватом тяжелом суглинке (рисунок 4.9-4.11). Почвы участка Дегтевое содержат больше песка (в среднем 13%), значения колеблются от 7 до 21% (рисунок 4.11). В почвах участков Ксизово и Мухино содержание песка меньше и составляет в среднем 3 и 4% соответственно (рисунок 4.9, 4.11). Почва Ds имеет резкое изменение текстуры с верхней и нижней частью в результате вспашки.

Фракционное железо

Во всех почвах исследуемой территории доля почвенного железа (Fed) от его общих концентраций (Fet) меньше доли силикатного железа (Fes). Доля почвенного или несиликатного железа (Fed) уменьшается сверху вниз по профилям. В погребенных почвах свободное железо составляет несколько меньшую долю от общего количества железа по сравнению с фоновыми почвами из-за более короткой продолжительности активного почвообразования. Оксалатное экстрагируемое (некристаллическое, Feo) железо показывает низкие значения (от 9 до 19%), что соответствует низкому индексу активности железа (Feo / Fed), характерному для лесостепной среды.

В фоновой почве городища *Мухино* доля почвенного или несиликатного железа (Fed) колеблется от 43 до 35% (сверху вниз по профилю) от общего содержания железа (Fet), а в погребенных почвах свободное железо составляет меньшую долю от общего количества железа, от 39 до 31% (Приложение, таблица 4.4). Оксалатно-извлекаемое железо (Feo) составляет только 14% почвенного железа в фоновой почве и 12% в погребенной почве. Наибольшие значения индекса активности железа наблюдаются в верхнем гумусовом горизонте Ah фоновой почвы благодаря современному биогенному накоплению железа. В верхних горизонтах погребенной почвы Mb-2 значения индекса активности железа в целом ниже, но в средних горизонтах Vtb они сопоставимы с таковыми в фоновой почве. Однако в погребенной почве 2500 л.н. в горизонтах AhBb, Vtb, Vkb и BCkb наблюдается более высокая активность железа по сравнению с аналогичными горизонтами почв участка Мухино.

Доля свободного железа (Fed) в фоновой почве городища *Дегтевое* колеблется от 48 до 38% (сверху вниз по профилю) от общей концентрации железа (Fet) (Приложение, таблица 4.5). В погребенных почвах свободное железо составляет немного меньшую долю от общего количества железа по сравнению с фоновой почвой, в пределах от 45 до 30%, что объясняется меньшей длительностью педогенеза. Некристаллическое (Feo) железо вносит более высокую долю в почвенное железо (22-5%) в фоновой почве, чем в почве, погребенной 2300 лет назад (12-7%). Однако в почве Db-1 доля некристаллического активного железа в большинстве горизонтов выше, чем в других почвах этого участка (18-11%).

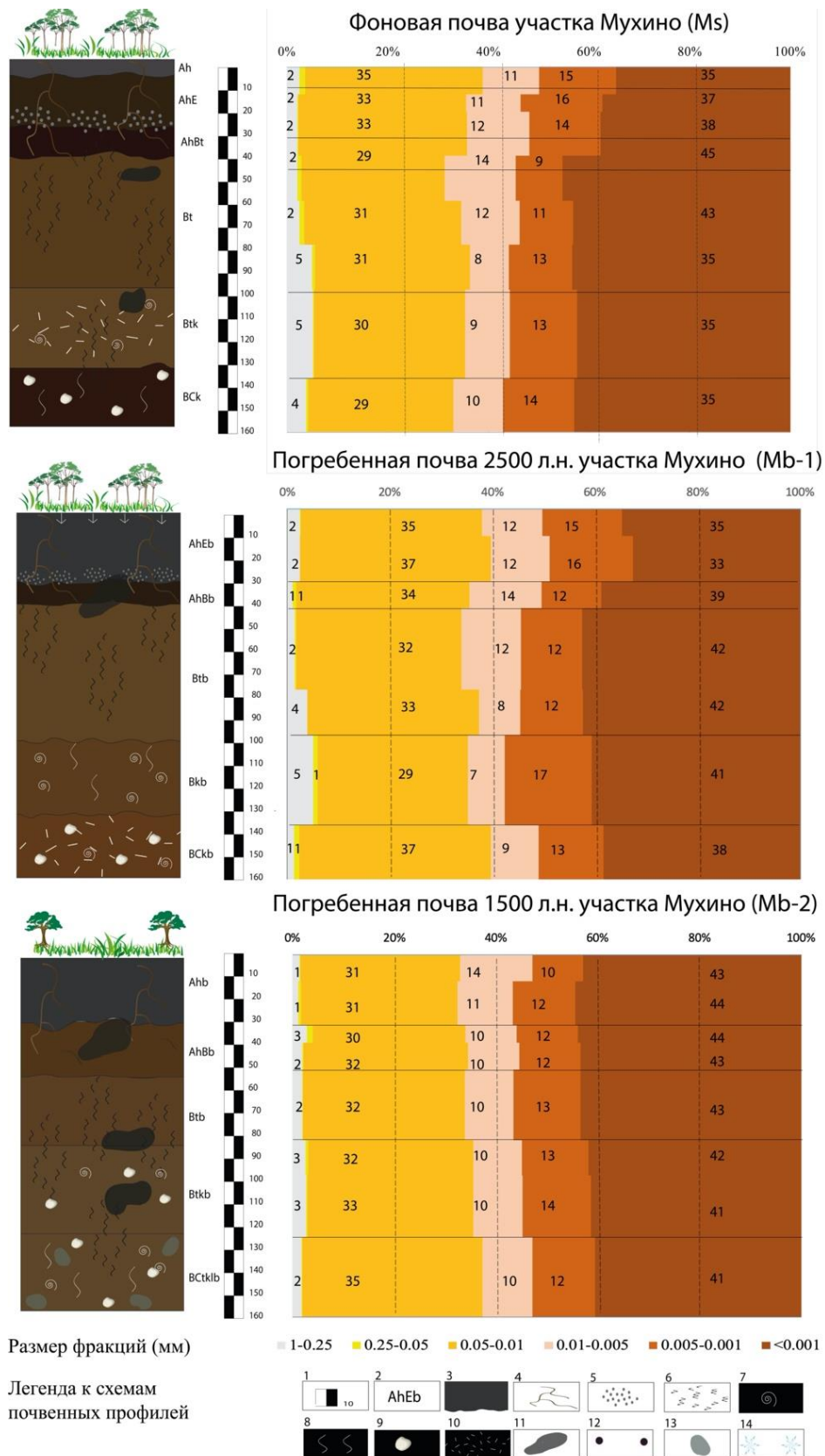


Рисунок 4.9 Гранулометрический состав погребенной и фоновой почв участка Мухино.

Обозначения к схемам почвенного профиля для рисунков № 4.9, 4.10, 4.11: 1. Глубина, 2. Горизонт (FAO, 2006), 3. Цвет почвы по Munsell Soil Color Chart (2014), 4. Корни, 5. Скелетаны, 6. Кутаны, 7. Белоглазки, 8. Карбонатные кутаны, 9. Журавчики, 10. Карбонатный псевдомицелий, 11. Кротовины, 12. Fe-Mn конкреции, 13. Глееватые свойства, 14. Кристаллы гипса.

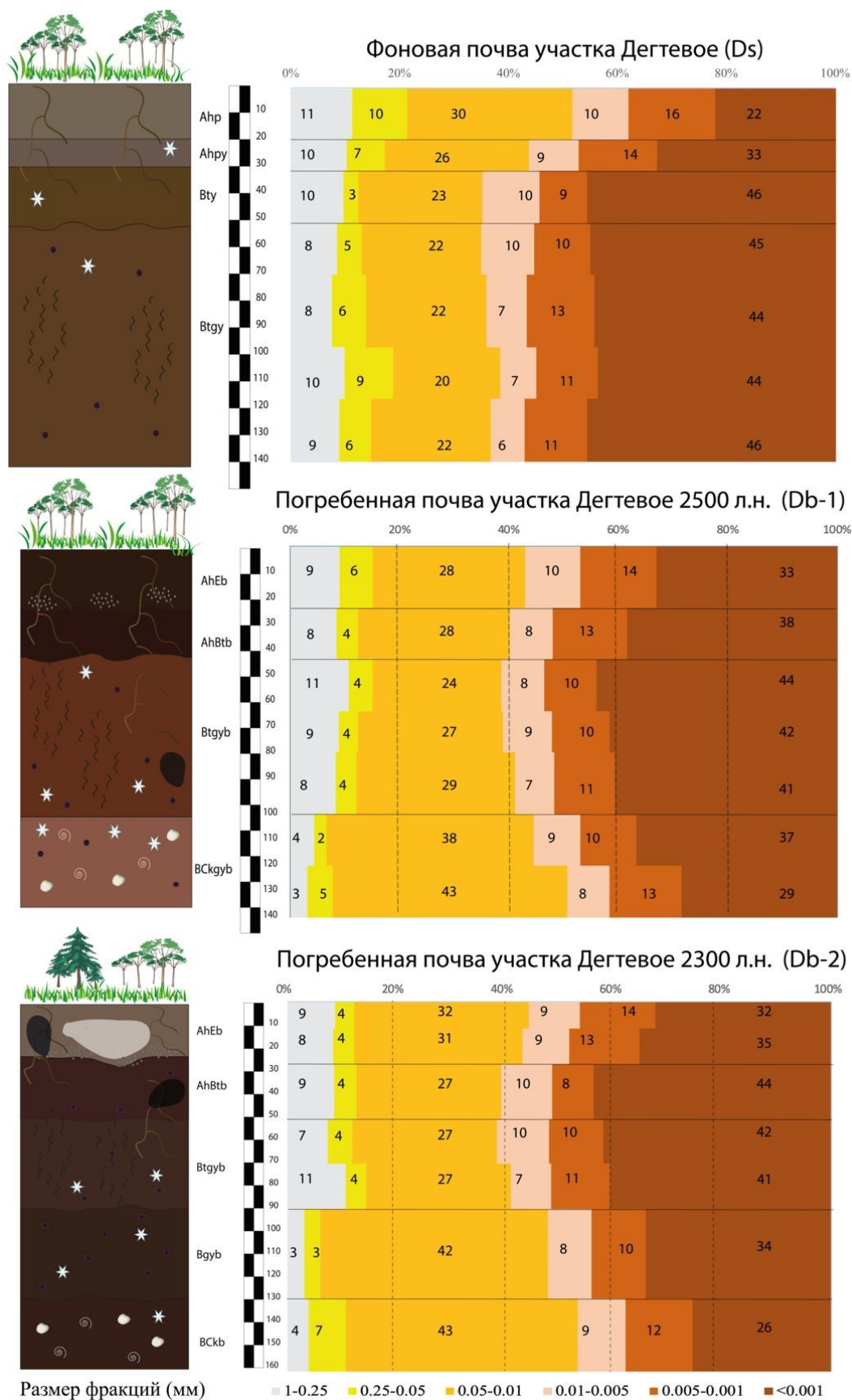


Рисунок 4.10 Гранулометрический состав почв городища Дегтевое.

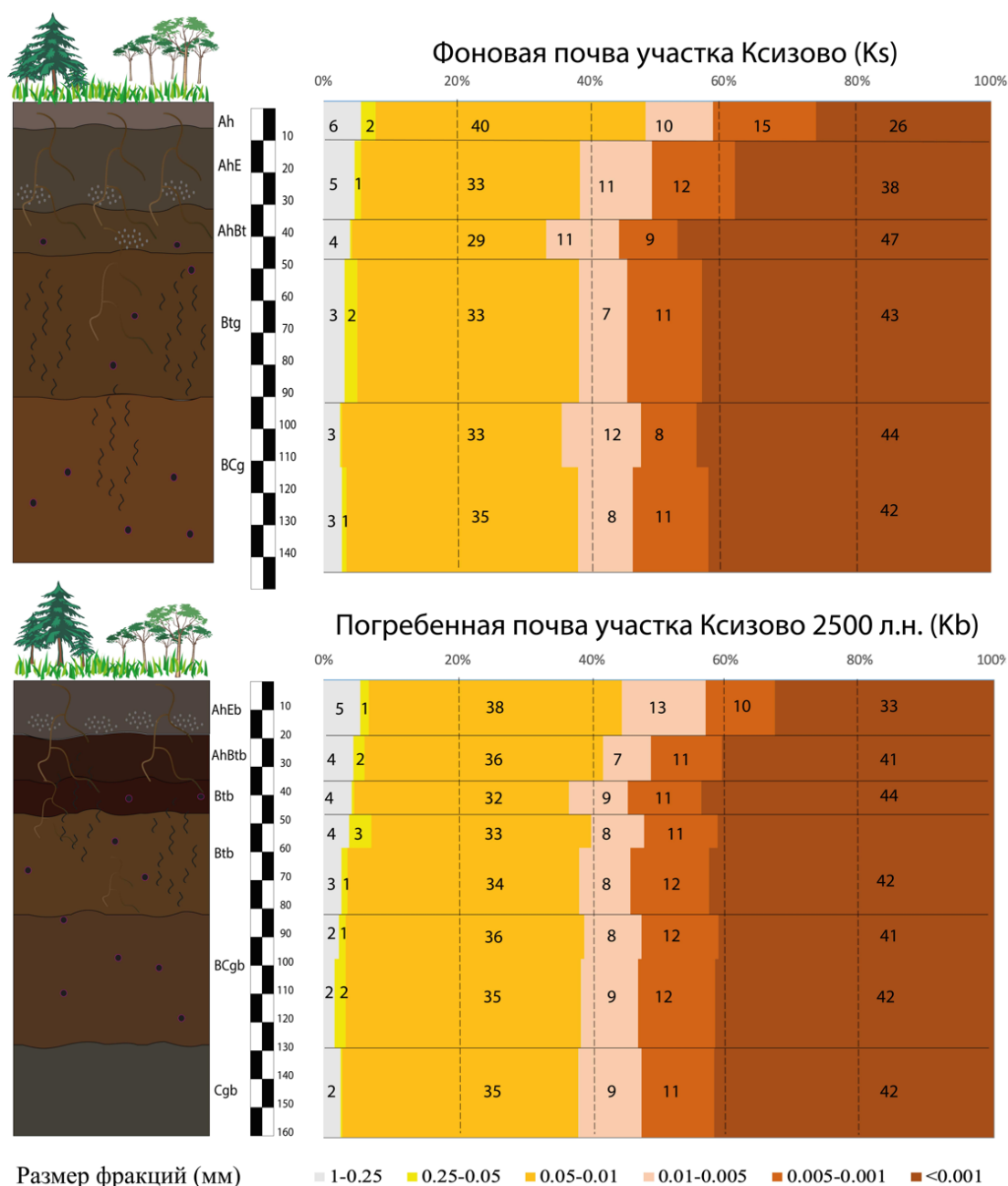


Рисунок 4.11 Гранулометрический состав почв городища Ксизово.

В фоновой почве участка *Ксизово* доля кристаллического железа колеблется от 44 до 40% (сверху вниз), что сопоставимо с почвами участка *Дегтевое*, но несколько выше, чем в аналогичных почвах участка *Мухино* (Приложение, таблица 4.6). Из-за меньшего времени почвообразования в погребенной почве содержание свободного железа ниже от (43 до 35%), чем в фоновой почве. Некристаллическое (Feo) железо составляет 19-7% почвенного железа в фоновой почве и 18-6% в почве погребенной 2500 лет назад.

Общие химические свойства

Почва *Ms* характеризуется высоким содержанием гумуса в горизонте *Ah* (5,5%) (Приложение, таблица 4.7). В погребенных почвах содержание органического вещества ниже в два раза

в почве Mb-1 (2,7%) и в три раза меньше в почве Mb-2 по сравнению с фоновой почвой (1,9%). Фоновая почва участка Дегтевое содержит 2,9-1,8% органического углерода в верхних 20 см, почва Db-1 имеет аналогичное содержание – 2,4-1,9%, а в почве Db-2 – 1,6-1,7% (Приложение, таблица 4.8). В верхних 10 см почв участка Ксизово содержание $C_{орг}$ составляет 7,4% в фоновой и 1,5% в погребенной (Приложение, таблица 4.9).

В почвах участка Мухино распределение $CaCO_3$ увеличивается с глубиной, за исключением почвы Mb-1. Все горизонты в последней содержат $CaCO_3$, максимум карбонатов находится в горизонтах AhEb (4%), что связано с диагенезом и Bkb (3,5%). В почве Mb-2 карбонаты появляются в горизонте Vtb (1,5%), достигают максимума в горизонте Vtkb (2,4%) и с глубиной уменьшаются до 1,4%. В фоновой почве $CaCO_3$ содержится в горизонтах Vtk (1%) и BСk (2,3%). Почвы участка Дегтевое содержат небольшое количество карбонатов, максимум $CaCO_3$ наблюдается в горизонте BСkgyb почвы Db-1, остальные горизонты содержат до 0,1% карбонатов. В остальных почвах содержание карбонатов также менее 0,1%. Карбонаты в почвах участка Ксизово отсутствуют.

Емкость катионного обмена варьирует от 400 до 1265 мг-экв/100 г. Наибольшие значения зафиксированы в почвах участка Мухино, максимум значений ЕКО связан с увеличением содержания кальция во всех почвах (84-97%). Доли и распределение ЕКО в почвах Mb-1 и Mb-2 одинаковы. Наименьшее количество кальция и наибольшее содержание магния отмечено в фоновых почвах участков Мухино и Дегтевое (10 и 16% соответственно). Увеличение доли Mg в почве, погребенной 2300 лет назад, что указывает на трансформацию условий окружающей среды. Самые низкие средние значения ЕКО были отмечены в почвах Kb (360 мг-экв/100 г) и Ks (470 мг-экв/100 г), поскольку почвы участка Ксизово сформированы в бескарбонатных отложениях. Доля кальция в фоновой почве несколько выше (85%), чем в погребенной (81%). Максимальная доля Mg (18%) наблюдается в первых 10 см погребенной почвы.

Подраздел 4.2.4. Содержание микробиоморфов

Состав фитолитного комплекса всех почв отражает лугово-лесное разнотравье (рисунок 4.12). Более отчетливо присутствие лесных пород выражено в почве Mb-1. Практически полное отсутствие фитолитов в верхних 10 см почвы Ms может быть связано с нарушением почвы в недавнем прошлом. В почве Db-2 в растительных сообществах наблюдается более высокая доля лесных и луговых трав и в два раза меньшая доля степных трав по сравнению с почвой, погребенной 200 годами ранее. Кроме того, наличие сорной флоры в почве, погребенной 2300 лет назад, указывает на более влажные условия. Спектр фитолитов погребенных и фоновых почв участка Ксизово схож, но количество отдельных зерен отличается - 26 зерен в погребенной и 90

- в фоновой почве. Фитолитный анализ отражает лугово-лесную растительность с присутствием хвойных и мхов (Puzanova et al., 2017)¹².

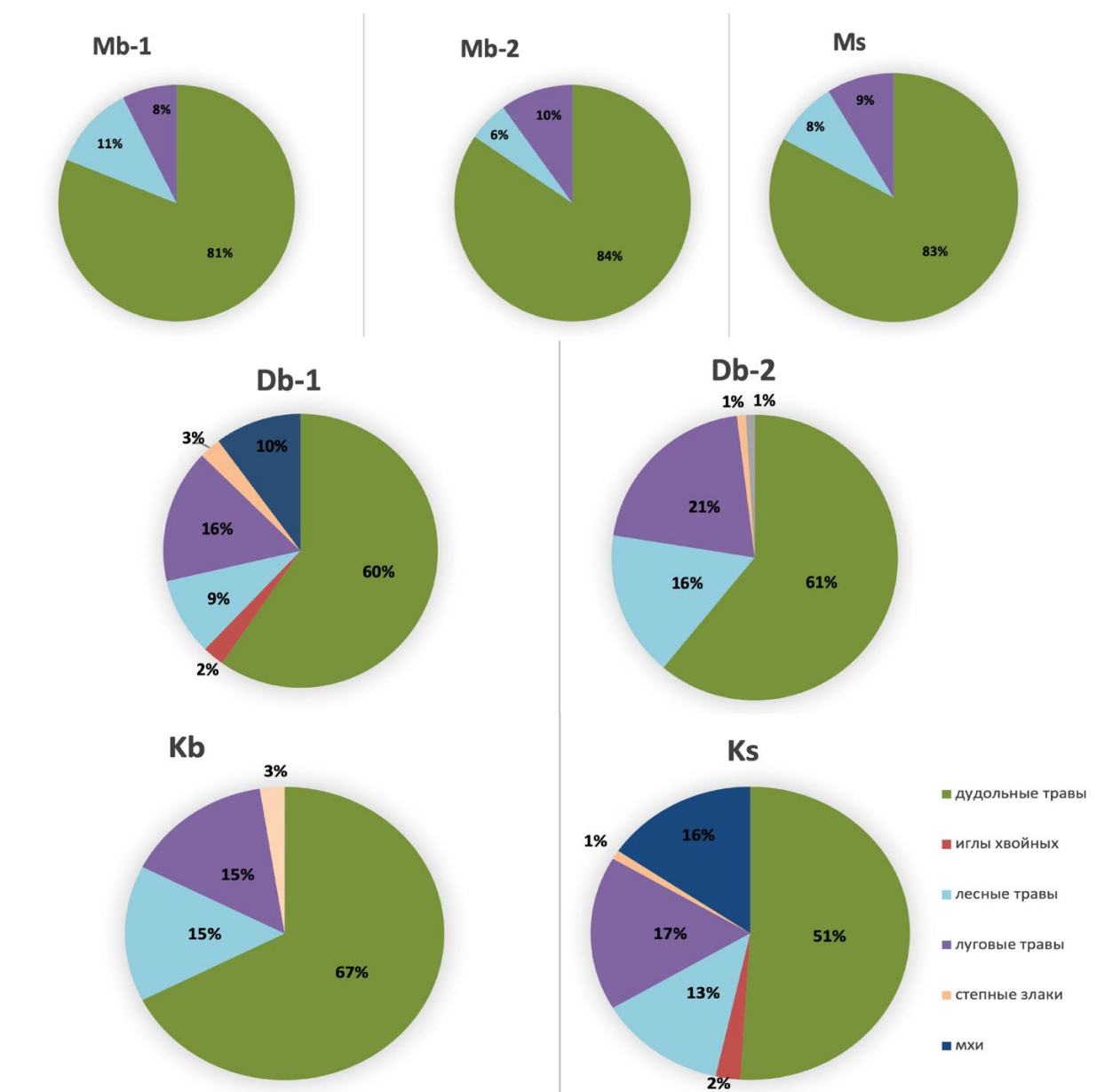


Рисунок 4.12 Фитолитный комплекс погребенных и фоновых почв.

Раздел 4.3. Палеоклиматическая интерпретация

Подраздел 4.3.1. Общие особенности профилей погребенных и фоновых почв

Почвы городищ Мухино, Дегтевое и Ксизово можно объединить в следующий хроноряд: почвы, погребенные 2500 лет назад (представлены на всех ключевых участках) → почва

¹² При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Puzanova T.A., Makeev A.O., Khokhlova O.S., Aseeva E.N., Kurbanova F.G. Holocene signals of climate dynamics in the profiles of soils buried under archaeological objects in the central part of the East European Plain. Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017, Soils, Forest ecosystems, "Alexander Malinov" Sofia, Bulgaria, 2017, том 17, с. 273-281. IF – 0,211 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.036> личный вклад автора составляет 30%

городища Дегтевое, погребенная 2300 лет назад → почва, погребенная 1500 л.н. под оборонительным валом городища Мухино → фоновые почвы на всех участках. Оборонительные валы были построены на мысах для лучшей защиты. Фоновые и погребенные почвы в пределах одного ключевого участка расположены на одной позиции рельефа, в одних и тех же лессовых отложениях. Фоновые почвы участка Ксизово формировались преимущественно под лесом, остальные почвы формировались под лугово-степной растительностью с участием деревьев. Состав комплекса фитоцитов погребенных и фоновых почв в целом отражает лугово-лесное разнотравье.

Почвы сформированы в однотипных лессовых отложениях, различающихся карбонатностью. Почвы участков Мухино и Дегтевое содержат карбонаты, а почвы участка Ксизово были образованы в некарбонатных лессовых отложениях. Почвы участка Дегтевое сформировались в лессовых отложениях, в состав которых входят единичные кристаллы гипса. Почвообразующие породы, отобранные как из погребенных, так и из фоновых почв нижних горизонтов, показали общее сходство по своему основному элементному составу (Приложение, таблица 4.10) с коэффициентами вариации для большинства элементов, не превышающими 10% или 20% (для Mn, P и Na). В то же время CaO и S имеют гораздо более высокие коэффициенты вариации (62 и 170% соответственно), что подтверждает, что лессовые отложения изучаемой территории могут отличаться по содержанию карбоната кальция и гипса.

Гранулометрический состав всех изученных почв характеризуется текстурной дифференциацией и отражает переход с пылеватого суглинка в верхних горизонтах (Ah, AhE, AhB) на пылеватый тяжелый суглинок в нижней части почв (горизонты Bt, BC) с преобладанием крупной пыли и ила, что подтверждается пирофосфатным методом (Рисунки 4.9-4.11) и микроморфологическими исследованиями. Как погребенные, так и фоновые почвы участка Дегтевое содержат немного больше песка - крупного и среднего. Оксалатное извлекаемое (некристаллическое, Feo) железо в исследуемых почвах имеет низкие значения (от 9 до 19%), что соответствует низкому индексу активности железа (Feo / Fed), характерному для лесостепной среды. Почвы участков Мухино и Дегтевое имеют многочисленные кротовины, в то время как в почвах участка Ксизово они отсутствуют.

При сооружении валов почвы не срезались, что подтверждается наличием фитоцитов (рисунки 4.12), схожестью гранулометрического состава верхних 10 см (рисунок 4.13) и одинаковой мощностью горизонтов Ah между почвами одного ключевого участка. Все почвы относятся к *Luvic Phaeozems* (*Cutanic*, *Loamic*), остальные квалификаторы различаются в зависимости от места и времени захоронения. Признаки *luvic* представлены в почвах глинистыми кутанами в иллювиальных горизонтах и высокой емкостью катионного обмена (от 200 до 1200 мг-экв/100 г). Верхние горизонты всех изученных почв богаты гумусом и характеризуются зернистой

структурой. Фоновые почвы содержат большое количество органического углерода в верхних горизонтах (5,5% в Ms, 2,9% в Ds и 7,4% в Ks). На органическое вещество влияет диагенез (Иванов с соавт., 2015, Чендев с соавт., 2018, Александровский с соавт., 2010), поэтому содержание органического углерода в погребенных почвах уменьшилось после погребения и составляет от 1,6% (почва Db-1) до 2,7% (почва Mb-1). Погребенная почва Mb-1 трансформирована диагенезом, что выражается в слабом вскипании всего профиля за счет проникновения карбонатов из земляной насыпи. Учитывая эти факты, можно связать педогенные различия между погребенными и фоновыми почвами с изменениями окружающей среды, которые произошли уже после погребения.

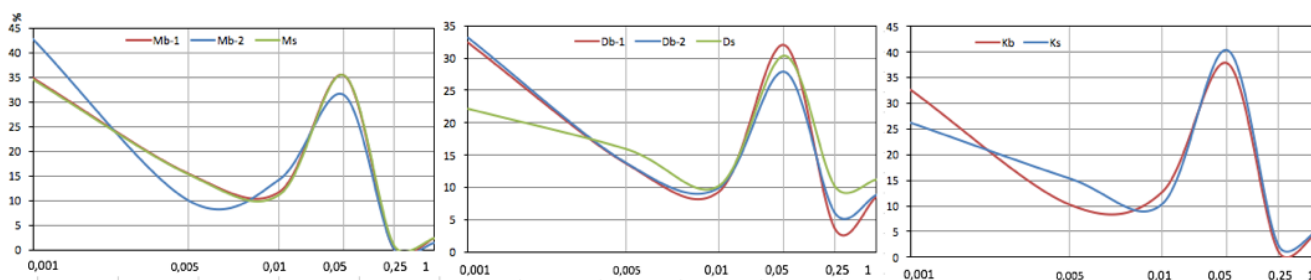


Рисунок 4.13 Гранулометрический состав верхних 10 см всех изученных почв.

Подраздел 4.3.2. Различия в развитии профилей погребенных и фоновых почв

Несмотря на схожесть перечисленных признаков, между почвами есть существенные отличия. По темноте гумусового горизонта почвы выстраиваются в следующую последовательность: почвы погребенные 1500 л.н. (10 YR 2/1) > почвы погребены 2500 л.н. (10 YR 2/1 - Mb-1, 10 YR 3/2 - Db-1) > фоновые почвы (10 YR 4/1 - Ms, 10 YR 5/1 - Ds) > почва погребена 2300 л.н. (10 YR 5/2). *Greyzemic* свойства выражены в виде отбеленных песчаных и пылеватых зерен на структурных гранях в нижней части гумусовых горизонтов. Выраженность этого свойства находится в полном соответствии с цветом гумусового горизонта, скелетаны наиболее ярко проявляются в почве, погребенной 2300 лет назад (рисунок 4.7 б), несколько меньше в почвах погребенных 2500 лет назад (рисунок 4.7 а, 4.6 е), еще меньше в фоновых почвах (рисунок 4.5 б) и отсутствуют в почве, погребенной 1500 лет назад.

Почвы, погребенные 2500 лет назад на участках Мухино и Дегтевое, богаты гумусом и содержат 2,7 и 2,4% органического углерода соответственно, в то время как почва погребенная 1500 лет назад содержит 1,9% C_{org} (Приложение, таблица 4.7). Несколько ниже содержание углерода в почвах Db-2 (1,6%) и Kb (1,5%). Два типа гумуса (более светлая и более темная части) отмечены в горизонтах Ah погребенных и фоновых почв городища Мухино, что указывает на различные условия образования органического вещества в разные периоды формирования горизонта, а также на высокую активность мезофауны (рисунок 4.5 а, 4.6 а).

В почвах ключевого участка Мухино карбонаты начинаются со 100 см в почвах Mb-1 и Ms, а в почве Mb-2 они залегают на 25 см выше. Карбонаты представлены в виде мягких и твердых конкреций, мучнистых новообразований и карбонатных покровов в обеих палеопочвах участка Мухино. В горизонтах Bkb и BCkb поры перекрыты составными двух-трехслойными чередующимися глинистыми или игольчатыми карбонатными кутанами (рисунок 4.5 f, 4.6 c). Более того, микроморфологические исследования показывают, что карбонатные новообразования частично разрушили глинистые кутаны в этих почвах, что указывает на засушливые условия (рисунок 4.5 c, f, 4.6 b, c). Высокое содержание CaCO_3 наблюдается в горизонтах AhEb (4%) и Bkb (3,5%) почвы Mb-1. В почве Mb-2 содержание CaCO_3 достигает максимума в горизонте Btkb (2,4%), как и в фоновой почве (2,3% в горизонте BCk). Однако, количество карбонатных новообразований в почве Mb-2 выше, чем в других почвах (рисунок 6.b, рисунок 4.9). Количество кротовин в почвах участка Мухино различается, проработка макрофауной ярче выражена в почве Mb-2 и меньше - в почве Mb-1. Кротовины также присутствуют в фоновой почве, но выражены при этом слабее. В фоновой почве также отмечены многослойные карбонатно-глинистые кутаны (рисунок 4.5 d), указывающие на изменение природных условий. Карбонаты представлены преимущественно мягкими конкрециями в почве Ms. Итак, все почвы ключевого участка Мухино содержат в себе признаки степного почвообразования, которое проявляется в кротовинах и карбонатных новообразованиях. Присутствие карбонатных гипокутан, которые перекрывают и разрушают глинистые кутаны также свидетельствует об аридном этапе, зафиксированном как в фоновой, так и в погребенных почвах. Важно отметить, что в почве, погребенной 2500 л.н., видно начало данного процесса (рисунок 4.5 f), в то время как в фоновой и почве, погребенной 1500 л.н., чередующиеся глинисто-карбонатные кутаны составляют 3-4 слоя (рисунок 4.5 d, 4.6 b, c).

Почвы участка Дегтевое содержат небольшое количество карбонатов. Высокие значения CaCO_3 обнаружены в горизонте BCkgyb почвы Db-1 (1,4%), остальные почвы либо не содержат их совсем, либо содержат только 0,1% (горизонты Bty, Btgy в почве Ds, Btgyb, Bgyb и BCkb в почве Db-2). Обильные мягкие карбонатные конкреции в почвах участка Дегтевое обнаруживаются с глубины 105 см в почве Db-1, в то время как редкие карбонатные новообразования начинаются со 130 см в почве Db-2. Как и карбонаты, в почве Db-2 единичные кристаллы гипса обнаруживаются на 30 см ниже, чем в почве Db-1. Растворение и дальнейшая миграция гипса и карбонатов на 30 см вглубь по профилю указывают на повышенную влажность, существовавшую 2300 лет назад.

Основная масса горизонтов Btgyb и BCkgyb почвы Db-1, характеризуется высоким дву-преломлением и неупорядоченным типом ориентации тонкодисперсной массы (рисунок 4.7 c). В почве, погребенной 2300 лет назад, реорганизация тонкодисперсного материала приводит к

низкому двупреломлению основной массы и вокругскелетной ориентации тонкодисперсной массы. В почве Db-1 большая часть глинистых покрытий представлена ассимилированными фрагментами (рисунок 7.d), в то время как в почве Db-2 глинистые кутаны равномерно покрывают структурные поверхности педов. В почвах этого участка отмечено большое количество Fe-Mn конкреций, однако в почве Db-2 количество конкреций больше (Приложение, таблица 4.8). Фитолитный состав показывает более высокую долю лесных и луговых трав и в два раза меньшую долю степных трав в почве Db-2 по сравнению с почвой, погребенной 200 годами ранее (рисунок 4.12).

Почвы участка Ксизово схожи по аналитическим и морфологическим признакам. Эти почвы характеризуются низкими значениями ЕКО и близким гранулометрическим составом (Приложение, таблица 4.9, рисунок 4.11). Глинистые кутаны в погребенной почве толще, чем в фоновой, в то же время погребенная почва содержит более низкие пропорции свободного железа S_{org} из-за меньшей продолжительности почвообразования.

Подраздел 4.3.3. Палеоландшафтная реконструкция на основе интерпретации почвенных свойств

Комплексное изучение свойств погребенных и фоновых почв, сопровождаемое палеоботаническими данными, позволило провести палеоэкологическую реконструкцию и выделить несколько климатических этапов второй половины голоцена. Эволюционная модель хроноряды почв выглядит следующим образом.

Исследуемые почвы сформированы в педокомплексе с доголоценовой погребенной почвой в его нижней части. Высокое содержание карбонатов в нижней части педокомплекса свидетельствует о засушливых условиях в верхнем плейстоцене (Sycheva and Khokhlova, 2016). В микроморфологических шлифах видна мелкозернистая микроструктура (рисунок 4.7 e, f, 4.6 d), которая также характерна для палеопочв позднего плейстоцена (Terhorst et al., 2015). Погребенная почва *Cambic Cryosol* содержит небольшое количество органического вещества из-за диагенеза. Следующим этапом стало осадконакопление двучленных покровных суглинков, в которых развивались изученные почвы (Rusakov et al., 2018).

Стадия лесного педогенеза выражается в формировании глинистых кутан в иллювиальных горизонтах. Сложно отнести данную стадию к определенному времени, но можно предположить, что это было до среднего голоцена. Формирование гумусового горизонта можно отнести к середине голоцена и ранее, радиоуглеродное датирование гумусового вещества 6330 ± 65 кал. л.н. (ИГРАН №5608, участок Мухино, погребенная почва 1500 лет назад). Кроме того, погребенные почвы включают кротовины, которые являются индикаторами степных условий (Александровский, Гольева, 1996).

После степной стадии произошло последующее облесение, которое выражается в деградации гумусового горизонта и появлении в его нижней части зерен отбеленных зерен кварца и полевого шпата. Выраженность скелетан связана, вероятно, с влажными условиями до погребения почв. Многие авторы приводят доказательства того, что 2500 л.н. наметилась очевидная тенденция роста увлажненности климата на территории Восточно-Европейской равнины (Сычева, 2011; Хотинский, 1977; Ахтырцев с соавт. 1991; Чендев, 1999; Александровский, 1983).

Почвы, погребенные под оборонительными валами 2500 лет назад, содержат признаки, свидетельствующие о лесном педогенезе: хорошо развитые многослойные глинистые или глинисто-гумусовые кутаны, Fe-Mn конкреции и скелетаны (4.5.b, e, 4.7.b). Более того, *greyzemic* и *luvic* свойства сильнее выражены в почвах, погребенных на 2500 лет назад, чем в фоновых почвах, поскольку в результате последующего степного почвообразования скелетаны были покрыты, а глинистые кутаны частично разрушены. Вt горизонты погребенной почвы участка Ксизово характеризуются более мощными кутанами по сравнению с фоновой почвой (рисунок 4.8 d). В горизонтах Вt почв, погребенных 2500 лет назад на участках Мухино и Дегтевое, наблюдается более высокая активность железа по сравнению с аналогичными горизонтами других почв этих участков, связанная с более высоким режимом влажности. Педогенные карбонаты начинаются с 1 м в почве Mb-1, а также в фоновой почве, что говорит о климатических сходстве условий 2500 л.н.

Тем не менее, до погребения 2500 лет назад, была засушливая фаза, которая привела к образованию карбонатных пленок поверх глинистых кутан, наблюдаемых на макроуровне, и микритовых конкреций, которые видны на микроуровне на ключевом участке Мухино (рисунок 4.5 f). Слабая реакция на соляную кислоту всех горизонтов в этой почве и наибольшее количество CaCO_3 (Приложение, таблица 4.1, 4.7) по сравнению с другими почвами может быть следствием как диагенеза, обусловленного проникновением карбонатов из оборонительного вала, так и результатом засушливых условий. Кроме того, горизонт AhEb содержит несколько кротовин.

Признаки аридизации также отмечены в почве погребенной 2500 лет назад участка Дегтевое. Горизонт AhEb этой почвы имеет более темный цвет (10 YR 3/2), чем тот же горизонт в почве, погребенной на 200 лет позже (10 YR 5/2). Несмотря на более длительное время погребения, почва погребенная 2500 лет назад содержит 2,4-1,9% органического углерода в первых 20 см, а в почве погребенной 2300 л.н. - 1,6-1,7% (Приложение, таблица 4.8). В почве Db-1 гипс количество карбонатных новообразований больше, чем в почве Db-2 и они залегают на 30 см выше (со 105 см), также как и гипсовые кристаллы (с 40 см). Гипс более растворим по сравнению с карбонатом кальция, поэтому в засушливый период соли подтягиваются вверх, сначала более растворимый гипс, затем - карбонаты. Анализ ЕКО показал максимальное содержание кальция в

почве Db-1 (Приложение, таблица 4.8). Перечисленные признаки могут указывать на аридный период до погребения (рисунок 2.1).

Таким образом, такие свойства, как глинистые кутаны, формирование которых занимает много времени, указывают на лесное прошлое, тогда как новообразования карбонатов и гипса, которые могут сформировываться и растворяться за короткое время, указывают на недавнюю засушливую фазу. Данная степная фаза, скорее всего, относится к скифо-сарматскому засушливому периоду (Александровский, 2001; Чендев, 2002, 2017, 2018; Колода, 2014).

Согласно макро- и микроморфологическим исследованиям, скелетаны лучше всего выражены в почве, погребенной 2300 лет назад (рисунок 4.7.b). Горизонт AhEb в почве Db-2 состоит из более светлых и более темных частей. Более того, в этой почве наблюдается увеличение количества и мощности глинистых кутан по сравнению с палеопочвой Db-1 (рисунок 4.7.d, рисунок 4.10). Карбонаты представлены в сходных формах (в основном белоглазки) в обеих погребенных почвах городища Дегтевое, но в почве, погребенной 2300 лет назад, они встречаются более редко и появляются на 30 см ниже (рисунок 4.10, Приложение, таблица. 4.8). Кристаллы гипса также опустились ниже на 30 см, в то время как Fe-Mn конкреции обнаружены во всех горизонтах (в почвах Db-1 конкреции Fe-Mn начинаются с 40 см), что указывает на увеличение количества осадков (Stiles et al., 2001). В почве Db-1 большая часть глинистых кутан представлена в виде ассимилированных фрагментов в основной массе, а в почве Db-2 они выражены достаточно хорошо (рисунок 4.7 d). Трансформация почвы, погребенной 2300 лет назад, была вызвана климатическими колебаниями в сторону увеличения влажности. Этот вывод подтверждается анализом фитоцитов, в данной почве вдвое уменьшилась доля степных сообществ по сравнению с почвой Db-1 и увеличилась доля лесных и луговых трав (рисунок 4.12).

Почва, погребенная 1500 лет назад, содержит признаки аридизации климата (рисунок 2.1). Карбонаты залегают на 20 см выше и их обилие существенно больше, чем в других почвах этого участка. Микроморфологические исследования также ясно показывают, что эта почва сформировалась в степных условиях (рисунок 4.6). Горизонт Ahb соответствует критериям горизонта *Chernic* (IUSS Working group WRB, 2015). Более темный цвет гумусового горизонта может указывать на то, что почвы развивались в более продуктивных ландшафтах с большим участием трав. Изменение климата и растительных ассоциаций привело к увеличению органического вещества, поэтому большая часть скелетан, представленных в других почвах, ассимилирована внутри агрегатов и покрыта органическим веществом. Другим важным свидетельством аридизации является появление новых кротовин в почвенном профиле, количество кротовин больше, чем в почве, погребенной на 1000 лет раньше. Значения индекса активности железа в верхних горизонтах этой почвы ниже (Приложение, таблица 4.4), вместе с тем, большая часть глинистых кутан

была нарушена вновь образовавшимися микритовыми кристаллами, тогда как карбонатные новообразования стали крупнее в нижних горизонтах (рисунок 4.6 b, c). По спорово-пыльцевым данным (Новенко с соавт., 2019), в этот период (2000–1600 кал. л.н.) в лесостепной зоне был выявлен один из пиков уменьшения площадей лесов и учащения количества пожаров. Спорово-пыльцевые данные почв, погребенных под курганами в поселке Гнездово в Смоленской области свидетельствуют о более сухом климате ~1000 лет назад (Sedov et al., 1999). В интервале 2100–1700(1600) л.н. некоторые авторы также отмечали большое количество остепененных участков пределах бассейна Дона (Серебрянная, 1976; Чендев, 1999).

После аридной стадии наступил новый этап увлажнения и лесные массивы повсеместно стали занимать степные ландшафты (Чендев, 1999; Chendev et. al., 2017). Александровский А.Л. относит этот период к временному интервалу 1800–1200 л.н. (Память почв, 2008). В настоящее время на исследуемой территории распространены лесостепные ландшафты с участием широколиственных пород. Фоновая почва участка Мухино содержит черты, унаследованные от предыдущих этапов почвообразования. Горизонт AhE характеризуется неоднородностью органического вещества и состоит из темно-коричневых и светло-коричневых частей. Горизонты Bt и Btk характеризуются комплексом глинистых кутан - глинисто-гумусовых кутан на поверхности пор и ассимилированных фрагментов глинистых кутан в основной массе (рисунок 4.5.c). Наличие сложных двух-трехслойных карбонатно-глинистых кутан (рисунок 4.5.d) указывает на многочисленные изменения трендов почвообразования во второй половине голоцена. Железомарганцевые конкреции в горизонтах Bt, Btk и BCk также указывают на изменение режима влажности. Основные характеристики фоновых и погребенных почв участка Ксизово, такие как значения pH и ЕКО, доля железистых фракций, наличие конкреций Fe-Mn, проявление скелетан, аналогичны. Однако глинистые кутаны в погребенной почве мощнее, чем в фоновой, что указывает на возможные колебания климата после 2500 лет назад.

Горизонт Ah фоновой почвы участка Мухино стал светлее - 10 YR 4/1, по сравнению с погребенными почвами - 10 YR 2/1. Карбонатные новообразования представлены белоглазкой и псевдомицелием (рисунок 4.9), журавчики, отмеченные в палеопочвах этого городища не было. Анализ ЕКО показал меньшую долю Са и более высокую долю Mg в фоновой почве среди почв участка Мухино (Приложение, таблица 4.7). Карбонатные новообразования, присутствующие в почвах Db-1 и Db-2, в фоновой почве городища Дегтевое не обнаружены. Эти факты указывают на преобладание лесных условий в недавнем прошлом (Kurbanova et al., 2018)¹³.

¹³ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Kurbanova F.G., Makeev A.O., Puzanova T.A., Kust P.G., Chernov T.I. Soil indicators of Late Holocene forest-steppe landscape evolution on the Russian Plain. 18th international multidisciplinary

Выводы

На основании комплексного изучения погребенных под пятью валами и фоновых почв по единой методике, было подтверждено, что в течение голоцена климат в лесостепной зоне менялся от более влажных к засушливым фазам, что отразилось на почвенных свойствах. Погребенные и фоновые почвы содержат признаки как лесной, так и степной стадий почвообразования. Почвы были классифицированы как *Luvic Phaeozems* (*Cutanic*, *Loamic*), в большинстве из них *luvic*-признаки выражены в хорошо развитом кутанном комплексе в иллювиальных горизонтах, а *greyzemic* свойства проявляются в виде непокрытых зерен кварца. Почвы исследуемых ключевых участков сформировались в сходных условиях в лессовых отложениях, различающихся содержанием карбоната и гипса. Почвы в пределах одного ключевого участка расположены на расстоянии 2-3 метров друг от друга и имеют схожий же рельеф и геохимические свойства почвообразующих пород. Таким образом, можно заключить, что основным фактором трансформации почвенных свойств была изменчивость климата.

Используя как палеопочвенный, так и микробиоморфные методы, удалось выделить несколько этапов почвообразования в позднем голоцене в центральной части лесостепной зоны Русской равнины. Основываясь на сходстве основных свойств погребенных 2500 лет назад и фоновых почв, мы делаем вывод, что палеопочва развивалась под открытым лесом, схожим с современным. Однако аридизация, которая прошла до 2500 лет назад, проявилась в появлении карбонатных покровов над глинистыми кутанами и поднятии уровня залегания гипса и карбонатов вверх по профилю. Стабильные свойства почв указывают на лесной педогенез, однако более сенсорные свойства отражают аридную фазу. Этот этап можно отнести к скифо-сарматскому засушливому периоду.

2300 лет назад произошло увлажнение климата, о чем свидетельствуют более выраженные *greyzemic* свойства и выщелачивание карбонатов и гипса. Влажные условия привели к сокращению количества степных злаков и увеличению количества деревьев. Другой пик засушливых климатических условий отмечен на 1500 лет назад, который проявился в поднятии уровня залегания карбонатов, карбонатными пленками поверх глинистых кутан, исчезновением отбеленных зерен кварца и появлением новых кротовин. В этот период на смену лесной растительности пришли травянистые луга, что подтверждается фитолитным спектром верхнего горизонта погребенной почвы.

Фоновые почвы исследуемой территории полигенетичны и содержат в себе черты, сформированные в условиях степной и лесной среды, и содержат информацию о разных стадиях засушливых и влажных периодов, о чем свидетельствует многослойный кутанный комплекс с

чередованием глинистых и карбонатных пленок. Однако в недавнем прошлом преобладали условия лесного почвообразования (Chernov et al., 2018)¹⁴.

¹⁴ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Chernov T.I., Kurbanova F.G., Kutovaya O.V., Zhelezova A.D. Microbial DNA analyses of soils buried under earthworks. 18th international multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings, 2018, том 18, № 5.2, с. 641-648. IF – 0,232 <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/5.2> Личный вклад автора составляет 20%

ГЛАВА 5. ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Ключевой участок входит в лесной участок, как и расположенный рядом лесной массив участка «Лес на Ворскле» Государственного заповедника «Белогорье» площадью около 1000 га, и находится на высоком правом берегу р. Ворсклы в непосредственной близости от поселка городского типа Борисовка – районного центра Белгородской области (урочище Мелкий лес, рисунок 5.1).

Исследованный массив размещается на обращенном к югу выступе правобережного плато, образованном долинами Ворсклы и ее притоков Готни и Локни, и имеет островной характер. От других лесных участков района он отделен безлесными, в основном пахотными пространствами, садами, а также территориями, занятыми населенными пунктами, дорогами, лесополосами и т.п.

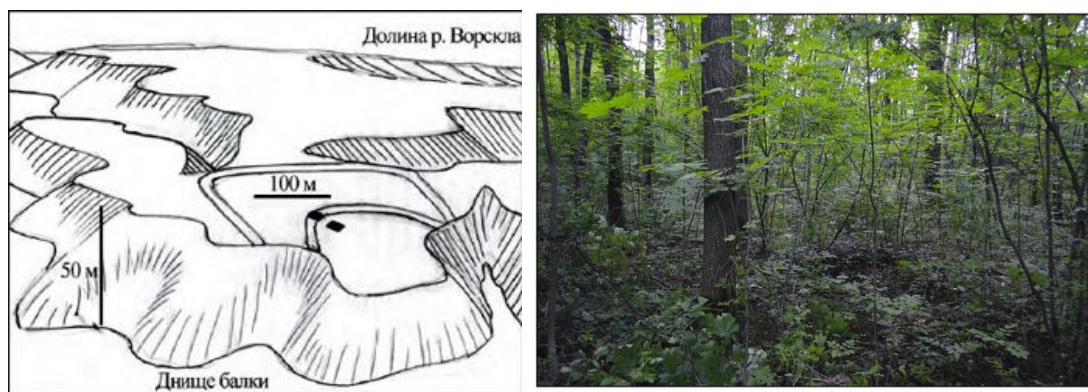


Рисунок 5.1 Оборонительный вал «Борисовка Городища-1», расположенный в широколиственном лесу

Раздел 5.1 Физико-географические условия территории исследования

Климат и элементы гидротермического режима фоновых (дневных) почв. Лесостепную зону традиционно принято называть зоной неустойчивого увлажнения. В многолетнем цикле соотношение тепла и влаги в лесостепи благоприятно (коэффициент увлажнения близок к единице), результатом чего и является рекордная для умеренных широт биологическая продуктивность природных растительных сообществ лесостепи. В целом климат района умеренный (среднегодовая температура воздуха $+6,0^{\circ}\text{C}$), умеренно-континентальный с жарким относительно сухим летом и довольно холодной зимой (средняя температура января $-8,1^{\circ}$, июля $+19,9^{\circ}$). Абсолютный минимум температур воздуха -37° , максимальная температура воздуха $+40^{\circ}$; на открытой поверхности почвы пашни выше $+50^{\circ}$. Сумма активных температур (выше

+10°) составляет около 2600°. Температура почвы ниже 0° С держится в среднем 3–4 месяца в году (декабрь – март). Средняя за последние 20 лет сумма атмосферных осадков составляет 565 мм/год.

Грунтовые воды на водораздельных плато залегают глубоко (десятки метров) и прямого участия в почвенных процессах и в водопотреблении растений не принимают. Летние осадки обычно увлажняют лишь поверхностный слой почвы (в лесу часто только слой подстилки). Основной влагозапас в почве создается за счет весеннего снеготаяния. Средняя глубина весеннего промачивания почвы в лесу около 1,5 м, на безлесных участках меньше (из-за меньшего запаса воды в снеге и более сильного промерзания почвы).

Рельеф. В целом тип мезорельефа можно назвать увалисто-долинно-балочным. Его главными компонентами являются древние формы рельефа – увалы (вытянутые плоские или слабовыпуклые возвышенности с пологими склонами) и речные долины. Около 20 млн. лет назад, когда поверхность нынешней Среднерусской возвышенности стала сушей, начали формироваться долины пра-Днепра и пра-Дона и их многочисленных притоков, которые и расчленили возвышенность на ряд увалов шириной до 200 км. Юго-западный склон Среднерусской возвышенности относится к бассейну Днепра, одним из правых притоков которого является Ворскла.

Долина р. Ворсклы вполне типична для речных долин Центрального лесостепного района. Ширина ее местами составляет здесь до 10 км. Ее правый берег крутой, обрывистый, изрезан оврагами, возвышается над уровнем реки на 50–70 м. На правобережном плато неясно выражены 2 или 3 древние (ранне- и среднелепистоценовые) террасы, образовавшиеся, по А.Г. Гаелю (1999), более 300 тыс. лет назад. Левый берег пологий, на нем отчетливо выделяются более молодые (45–10 тыс. лет) надпойменные террасы и пойма.

Четвертичные отложения и почвообразующие породы на территории внутреннего вала. Коренные породы в исследованном районе перекрыты сплошным плащом четвертичных отложений. Этот район не был захвачен ледником даже в период максимального, Днепровского оледенения (ледник обошел тогда Средне-Русскую возвышенность двумя языками – по долинам Днепра и Дона).

Лессы и лессовидные суглинки являются главной почвообразующей породой в данной провинции лесостепи. Лесс – порода палевого цвета, пористая, с содержанием частиц крупной пыли (0,05–0,01 мм) до 50% и средней пыли (0,01–0,005 мм) около 20%. Свободных карбонатов кальция и магния в них может содержаться до 20%. Они содержат карбонатные новообразования в виде псевдомицелия и конкреций. Мощность лессовидных пород на водоразделах достигает 10

м. По мере приближения к уступу коренного берега реки их мощность уменьшается. На выпуклых участках склонов четвертичный плащ обычно отсутствует, и вскрываются коренные породы.

Четвертичные отложения и почвообразующие породы на территории внешнего вала. Во внешней части вала олигоценый цоколь террасовидной поверхности перекрыт переотложенными древнеаллювиальными песками, верхняя тоща которых могла быть навеена сюда 10–13 тыс. лет назад в период деградации осташковского (валдайского) ледника (MIS2). Именно такую картину можно наблюдать на правобережье реки Ворсклы в пределах участка «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» (Гаэль с соавт., 1986). Эоловое перемещение песка весьма широко проявлялось в плейстоцене, особенно в позднем, с самым сухим и холодным климатом (Гаэль, 1984). По минералогическому составу пески с террас Ворсклы, как и в районе расположения внешнего вала, кварцевого состава с незначительной примесью полевого шпата, мусковита, глауконита, циркона, роговой обманки (Гаэль с соавт., 1986). Такая минералогическая бедность песков унаследована от неоген-палеогеновой и меловой эпох, когда в условиях тропического климата процессы выветривания были сильно выражены, и почти все первичные минералы исчезли. В плейстоцене эти пески вымыты из коренных пород и переотложены в речных террасах, а также были навеены на приводораздельные поверхности балок. В районе исследований во внешнем вале перевеянные пески достаточно узкой полосой перекрывают олигоценые отложения, именно поэтому разрез погребенной почвы сформирован на двучленной почвообразующей породе. Учитывая тот факт, что вновь образованная почва на валу сформирована на переотложенных лессовидных суглинках, можно заключить о выклинивании толщи олигоценых супесчано-суглинистых отложений вглубь массива от коренного уступа и замена этих отложений лессами.

Растительность и геоботаническая характеристика объектов исследования. В соответствии с почвенно-экологическим районированием территории России (Почвенный покров..., 2001), территория участка, к которой приурочен памятник Борисовка Городище-1, находится в Среднерусской провинции лесостепной зоны.

Над фоновой почвой произрастает мелколиственный лес с примесью дуба, что типично для зональных представителей лесных ландшафтов лесостепи центра Восточной Европы. Сомкнутость древостоя – 0,9, сквозистость – 20%. Дубо-ясенник, дуба *Quercus robur* здесь достаточно много, в окружающем фитоценозе его значительно меньше.

На поверхности вала располагается ясенник с густым подростом клена. Сомкнутость верхнего яруса древостоя – 0,4, нижнего яруса древостоя – 0,8, сквозистость – до 7%. На голой почве есть мхи с общей сомкнутостью яруса до 10%.

Ров с внешней стороны вала характеризуется преобладанием ясенника с подростом вяза и клена, распространенность: 2300 стволов на 1 га. Второй ярус состоит из клена *Acer campestre*, высотой до 13 м, и груши *Pyrus pyraister*, высотой до 9 м. В подросте: *Ulmus glabra* (вяз шершавый), *Acer platanoides* (клен остролистный). Сомкнутость верхнего яруса древостоя – 0,8, сквозистость – 4%. Геоботанические исследования показали значительно большее богатство растительных сообществ и большую сомкнутость древостоя в пределах площадки с фоновой почвой по сравнению с нарушенной скифским валом исходной поверхности (на самом валу и в пределах вала).

Почвенный покров. Согласно почвенно-географическому районированию территории России и сопредельных стран (Добровольский, Урусовская, 2004), исследованная территория находится в центральной лесостепной и степной области серых лесных, черноземных и каштановых почв и принадлежит к зоне серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов лесостепи. В соответствии с более дробным районированием, район исследования является южной окраиной Окско-Донской провинции оподзоленных, выщелоченных и типичных среднегумусных и тучных мощных черноземов и серых лесных почв.

В соответствии с почвенно-эрозионным районированием Белгородской области (Красная книга почв Белгородской области, 2007), исследованный район относится к южной части Западного эрозионного района черноземов малогумусных и серых лесостепных почв слабого распространения смыва и слабой заовраженности. Западный эрозионный район характеризуется относительно спокойным рельефом: преобладают площади почв с крутизной склонов 0–2° (50%) и 2–3° (30%), а на долю склонов крутизной 3–5° и более 5° приходится по 10%. Расчлененность территории составляет 1,2 км/км², глубина местных базисов эрозии – 105 м, площадь оврагов от общей площади составляет 0,7 %. Наиболее распространенными почвами являются черноземы выщелоченные и типичные малогумусные, реже встречаются серые лесостепные почвы. Площадь эродированных почв составляет 36 %, из них средне- и сильносмытых – 8 %.

Археологические сведения по памятнику. Памятник «Борисовка Городище-1» выявлен А.Ф. Евминовой в 1947 г., обследовался И.И. Ляпушкиным в 1948 г. и П.Д. Либеровым в 1955 г. В 2014 г. экспедицией группы по охране памятников истории и культуры при управлении культуры Белгородской области были проведены раскопки на территории памятника (руководитель – археолог Т.В. Сарапулкина). На городище было заложено два раскопа,

позволивших выявить культурный слой скифского времени и хорошо сохранившиеся профили погребенных почв.

Археологический памятник «Борисовка Городище-1» находится на окраине поселка городского типа Борисовка Борисовского района Белгородской области. Памятник расположен на мысу высокого левого берега безымянного пересыхающего ручья (правый приток р. Ворскла, высота над уровнем реки 50–60 м). Размеры городища по внешней линии обороны составляют 300х450 м. Поселение имеет три линии обороны.

Первая внутренняя линия ограничивает небольшой участок («малая площадка») субквадратной формы в западной части памятника и состоит из вала и рва с напольной стороны. Высота вала составляет 1,6–2,0 м, ширина подножия 3–5 м, ширина верха 1,0–1,5 м. Ров: глубина 1,0–1,5 м, ширина верха составляет 2–3 м, ширина дна достигает 1,0 м.

Мощность культурного слоя, выявленного в ходе археологических работ, составляет 0,6–0,8 м. Подавляющее большинство находок, выявленных в процессе исследования, представлено фрагментами керамических сосудов. Исходя из выявленного материала, размеров городища и характера оборонительных сооружений, можно с уверенностью предположить, что данный памятник является жилым городищем скифского времени. По географическим характеристикам оно принадлежит ворсклинской группе памятников скифского времени.

На данном участке проведено изучение хронорядя дневных и погребенных почв под внешним и внутренним валом скифского времени. Особенностью формирования почв во внешней части вала является почвообразование на переотложенных древнеаллювиальных супесчаных отложениях, когда на внутренней части вала почвы были сформированы на лессовидных суглинках.

Геоботаническое описание

Растительная ассоциация: дубняк липово-ясеневый звездчатково-осоковый. Древостой: в I ярусе *Quercus robur* (Дуб черешчатый), во II ярусе *Fraxinus excelsior* (Ясень обыкновенный) и *Tilia cordata* (Липа сердцевидная). III ярус занят *Ulmus glabra* (Вяз шершавый), *Acer tataricus* (Клен татарский), *Tilia sp.*, *Fraxinus sp.* Под пологом - вяз, ясень, липа, в освещенных местах — дуб. Подлесок состоит из *Acer campestre* (Клен полевой), *Prunus spinosa* (Терновник, или Слива колючая), *Crataegus curvisepala* (Боярышник однопестичный). Травянистый покров включает в себя: *Asarum europaeum* (Копытень обыкновенный), *Stellia holostea* (Звездчатка ланцетовидная), *Glechoma hirsuta* (Будра волосистая), *Geum urbanum* (Гравилат городской), *Poa nemoralis* (Мятлик дубравный), *Aegopodium podagraria* (Сныть обыкновенная), *Dactylis glomerata* (Ежа сборная), *Veronica chamaedrys* (Вероника дубравная), *Carex pilosa* (Осока волосистая),

Pulmonaria obscura (Медуница неясная), *Viola suavis* (Фиалка приятная), *Galium spurium* (Подмаренник ложный), *Campanula* sp.

Раздел 5.2. Исследование почв южной части лесостепной зоны

Подраздел 5.2.1. Морфологическое описание почв городища Борисовка

Фоновая почва - *Chernic x Luvic Phaeozem (Loamic)* образована в суглинистом лессе, подстилаемом карбонатным лессом на глубине 100 см (рисунок 5.2 а; Приложение, таблица 5.1). В почвенном профиле выделяются три хорошо развитых темных гумусовых горизонта общей мощностью 40 см (рисунок 5.2 а). Эти горизонты обогащены непокрытыми зернами песка и пыли в основной массе нижней части. Гумусовые горизонты сливаются с горизонтом BtAh с сильной мелко- и среднеореховатой структурой (рисунок 5.2 а). Гумусовые и глинисто-гумусовые кутаны (рисунок 5.2b и g) и очень тонкие силтаны над ними покрывают поверхности педов (рисунок 5.2 g). Внутripедная масса в этом горизонте имеет темно-коричневый цвет (рисунок 5.2b). Иллювиальные горизонты характеризуются ореховатой структурой и мощными глинистыми и глинисто-гумусовыми кутанами с горизонтальных и вертикальных сторон (рисунок 5.2 e, f). На вертикальных гранях силтаны перекрывают глинистые кутаны. Иллювиальные горизонты подстилаются погребенной почвой, обнаруженной на глубине 100 см в слое карбонатного лесса. Горизонты погребенной почвы (2Ahkb и 2AhBkb) узнаваемы по чуть более темной окраске, слабой призматической структуре в сочетании с мелкозернистыми агрегатами, обильными ризолитами и карбонатными новообразованиями (покровами, пропиткой, белоглазками) (рисунок 5.2 а, g). Сильная реакция с HCl предполагает наличие большого количества карбонатов, начиная с верха 2Ahkb горизонта. Обнаружено много темных кротовин (диаметром 5–7 см) в пределах 120–180 см (рисунок 5.2a).

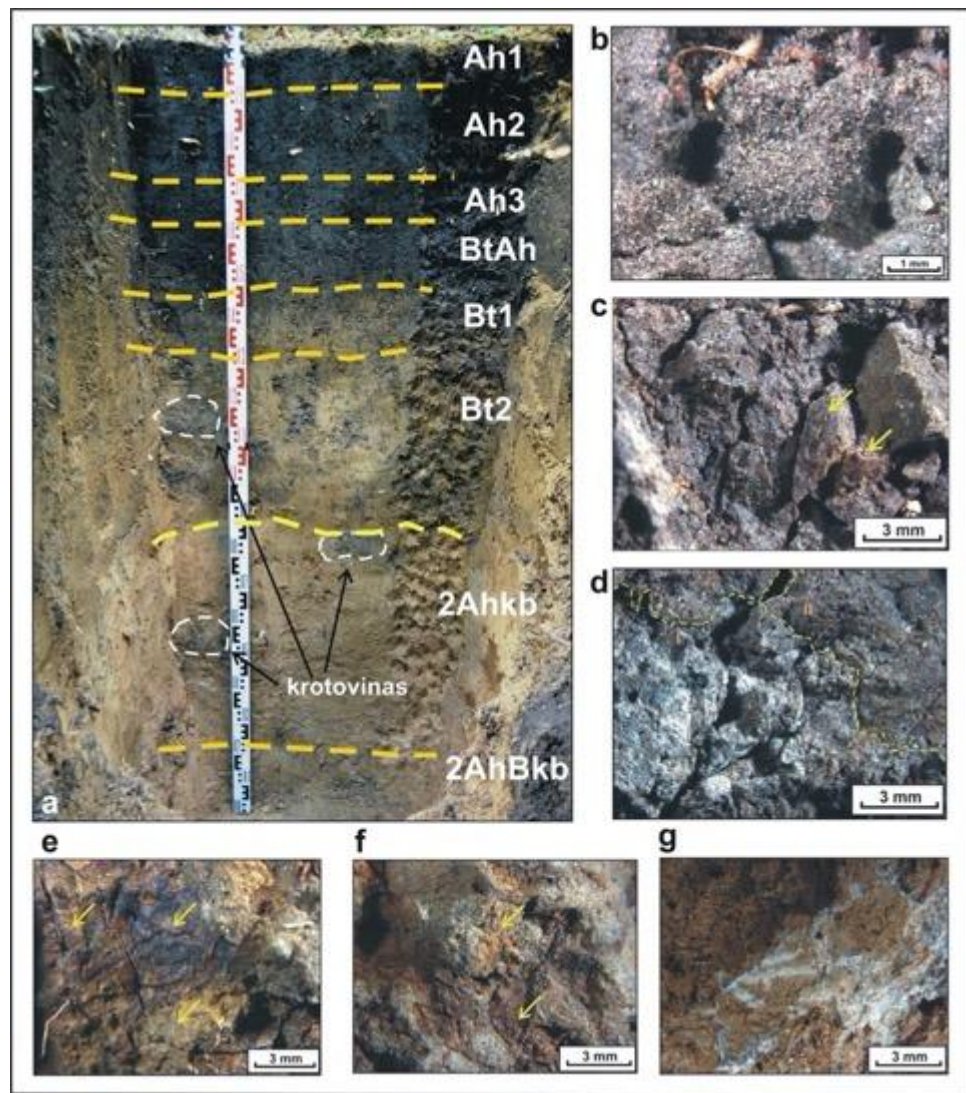


Рисунок 5.2. Профиль дневной почвы (Chernic Greyzemic Luvic Phaeozem (Loamic)). (a) – общий вид профиля; (b) – отбеленные зерна кварца во внутрипедной массе горизонта Ah1; (c) – горизонт BtAh: многопорядковая структура, тонкие гумусовые и глинисто-гумусовые кутаны по стенкам педов (верхняя стрелка), внутрипедная масса имеет темно-бурую окраску (нижняя стрелка); (d) – тот же горизонт, зоны тонких белесоватых сiltан поверх гумусовых и гумусово-глинистых кутан (зона I), чередующихся с «чистыми» гумусовыми и гумусово-глинистыми кутанами (зона II); (e) – горизонт Bt1, мощные глинистые и гумусово-глинистые кутаны по всем стенкам педов (нижняя стрелка); внутрипедная масса характеризуется бурой окраской (нижняя стрелка); (f) – горизонт Bt2, мощные глинистые кутаны (нижняя стрелка) на фоне бурой окраски внутрипедной массы (верхняя стрелка); (g) – горизонт 2Ahkb позднелейстоценовой почвы, развитые карбонатные кутаны по граням педов.

Погребенная почва – *Luvic Chernozem (Loamic)* расположена на расстоянии 10 м от фоновой почвы. Почва покрыта земляным валом с сохранившейся высотой 1,5 м из неоднородного материала - перемешанных различных горизонтов почвы с большой долей темно-серого материала в нижней части земляного вала (рисунок 5.3 а). Материал земляной вала неоднократно горел во время строительства и содержит фрагменты древесного угля. Погребенная почва была исследована со всех трех сторон обнажения, показывая постоянную толщину горизонтов почвы. Передняя стенка разреза имеет глубину 2 м. В почве хорошо развит темный гумусовый горизонт Ahkb с ореховато-мелкозернистой структурой (рисунок 5.2 а). Грани покрыты тонкими карбонатными налетами и ризолитами (рисунок 5.3 б). Горизонты ABthkb1 и ABthkb2 характеризуются мелко- и средней призматической и очень мелкой или среднеореховатой структурой и тонкими манганами, тонкими глинистыми и пылеватыми силтанами (рисунок 5.3 с, d, e, f). Карбонаты в горизонте ABthkb1 представлены псевдомицелием (рисунок 5.3 с) и мягко мучнистыми новообразованиями (горизонт ABthkb2). Горизонт Btkb имеет ореховатую структуру и мучнистые карбонаты.

Погребенная почва (горизонты 2Ahkb и 2AhBkb), как в фоновой почве, на глубине 80 см отличается несколько более темным цветом и мелкозернистой структурой с хорошо развитыми карбонатными покровами. Обильные вторичные карбонаты образуют налет на гранях, твердые и мягкие конкреции и псевдомицелий (рисунок 5.3 е, f). Темные кротовины присутствуют на глубине 52–58 см и в самой нижней части профиля (180–200 см, рисунок 5.3а).

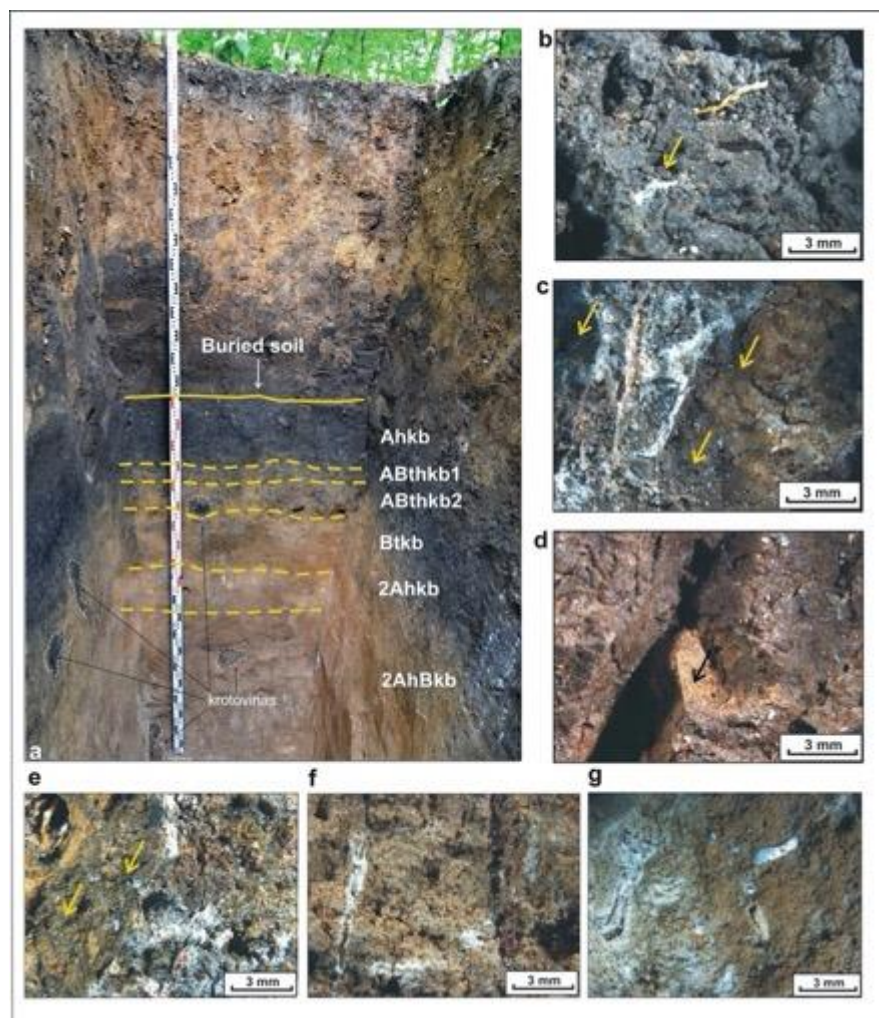


Рисунок 5.3. Погребенная под валом почва Luvic Chernozem (Loamic). (a) – общий вид профиля; (b) – горизонт Ahkb: мелкокомковатая и зернистая структура; тонкие карбонатные кутаны по граням педов (показаны стрелкой); (c) – горизонт ABthkb1: очень тонкие глинистые кутаны поверх структурных отдельностей (показаны стрелками) и новообразования карбонатов в виде псевдомицелия; (d) – горизонт ABthkb2: тонкие глинистые кутаны на фоне светло-бурой окраски внутripедной массы (показано стрелкой); (e) – горизонт Btkb: тонкие глинистые кутаны по граням педов (показаны стрелкой) и карбонатный псевдомицелий; (f) – горизонт 2Ahkb: новообразования вторичных карбонатов; (g) – горизонт 2AhBkb: новообразования карбонатов по граням педов

Подраздел 5.2.2 Микроморфологическое описание почв городища Борисовка

Исследование шлифов подтверждает, что обе почвы сформировались в схожих лессовых отложениях. В основной массе преобладают пылеватые зерна (в основном крупная пыль) с небольшой примесью мелкого и среднего песка (рисунок 5.4). Песчаные зерна (200–300 мкм) занимают до 10% площади шлифа, в то время как пылеватые (50–100 мкм) проявляют

микрозональность. Количество песка больше в верхних горизонтах фоновой почвы, чем в нижней части почвы, где преобладает пылеватая фракция. Среди крупных зерен преобладают кварц и полевой шпат. В фоновой почве зерна глауконита распространены во всех горизонтах ниже 40 см (рисунок 5.7). Погребенная почва также содержит зерна глауконита по всему профилю. Большинство крупных зерен лишь слегка окатаны и сохраняют свою угловатость, что, вероятно, указывает на локальный перенос пылеватого материала.

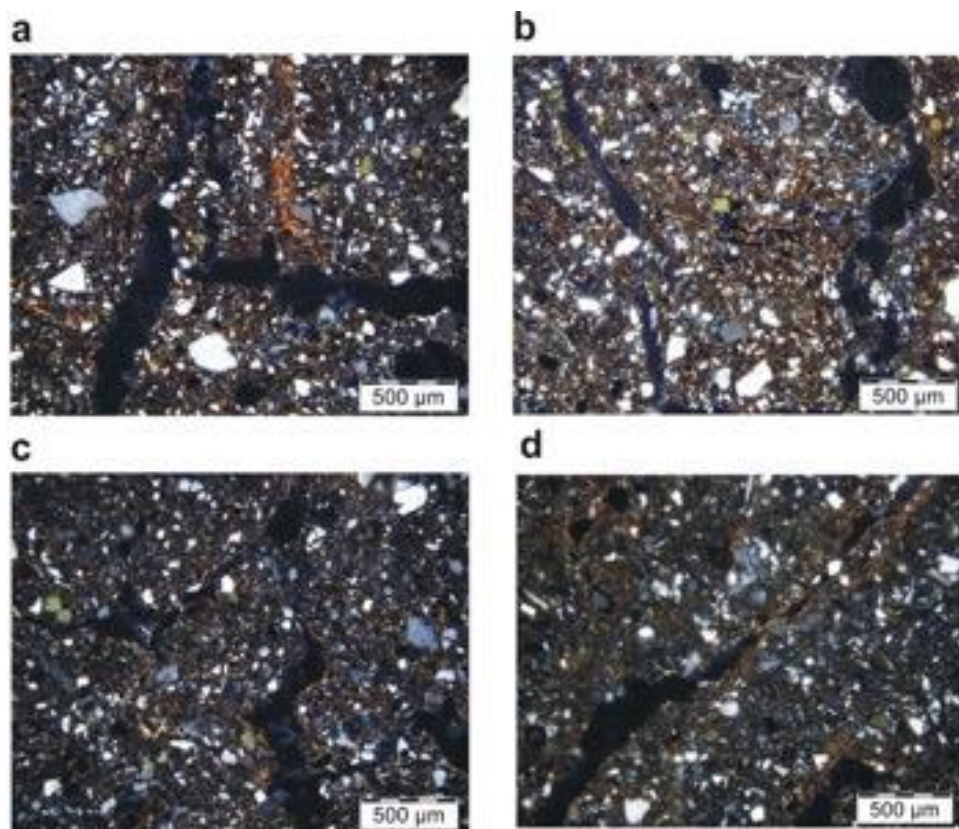


Рисунок 5.4. Микростроение горизонтов погребенной и фоновой почв хроноряда, XPL. Слева – фоновая почва, справа – погребенная почва. (a) горизонт Ah2; (b) – горизонт Ahkb; (c, d) – горизонты Bt1 и Btkb, хорошо видны глинистые кутаны в массе горизонтов

Наблюдается два типа гумуса в фоновой почве. Верхние гумусовые горизонты (Ah1 – Ah2) отражают свойства, характерные для формирования в продуктивной широколиственной лесной экосистеме: темно-коричневые вкрапления гумуса в общей основной массе сопровождаются зернистой микроструктурой и многочисленными слепками земляных червей (рисунок 5.5 a, b). Растительные остатки имеют разную степень разложения, включая фрагменты древесного угля. В горизонтах Ah3 и особенно BtAh пропитка гумусом иная. Встречаются инфиллинги с гумусовой основной массой темного цвета (рисунок 5.5 c, d). Пропитка темного гумуса прослеживается до 85 см. Также и погребенная почва характеризуется темногоумусовой

пропиткой всей основной массы вплоть до горизонта ABthkb1 (рисунок 5.7 а, b). Частично разрушенные заполнения с основной массой темного гумуса прослеживаются до горизонта Bt2 (рисунок 5.5 с, d). В фоновой почве также отмечены многочисленные отбеленные пылеватые зерна вплоть до горизонта Bt2 (рисунок 5.5 е, f).

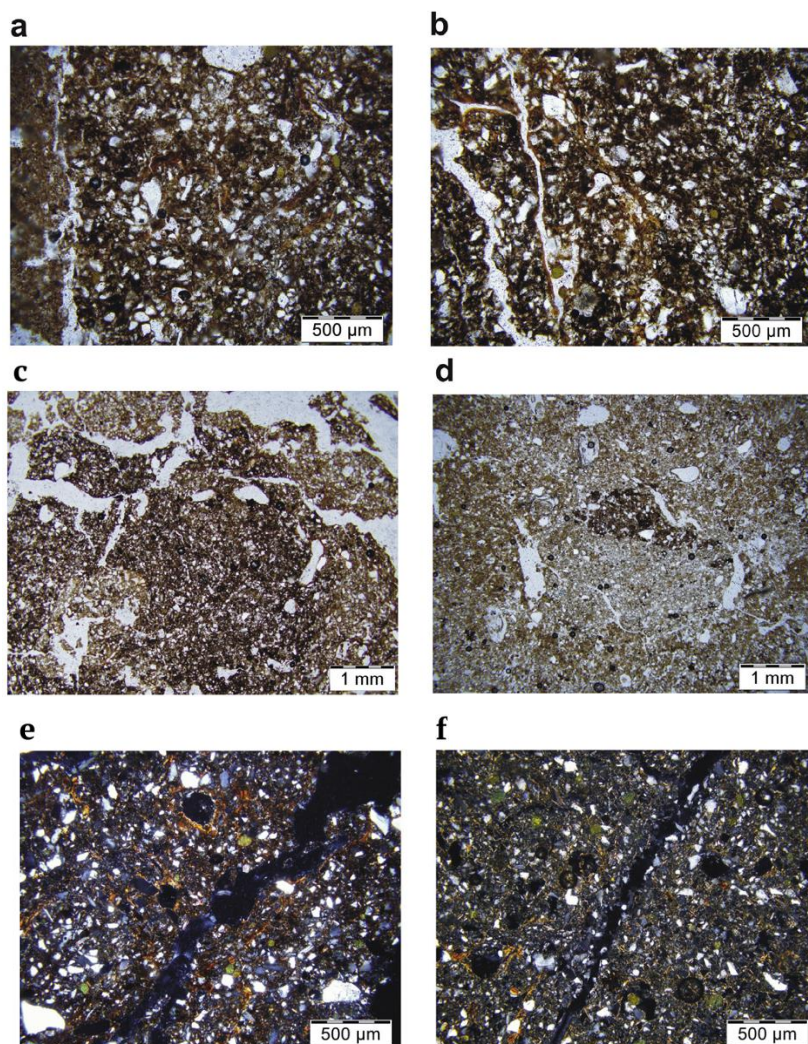


Рисунок 5.5 Микростроение фоновой почвы, PPL. (а, b) – округлые микроагрегаты зоогенного происхождения (деятельность дождевых червей) в горизонтах Ah1 (а) и Ah2 (b); (с, d) – пигментированные гумусом участки в Ah3 (с) и Bt1 (d) горизонтах. Трещины разбивают микрозоны как собственно вмещающей массы горизонтов, так и пигментированных гумусом зон. е - Отбеленные зерна и Greyzemic свойства в фоновой почве XPL в горизонте BtAh; (f) – в горизонте Bt2.

Верхние горизонты погребенной почвы трансформированы диагенезом. Материал нижнего лессового слоя был использован для строительства земляной насыпи. Затем карбонаты по трещинам проникали в верхние горизонты погребенной почвы до слоя карбонатного лесса с погребенной доголоценовой почвой. Карбонаты присутствуют в виде покрытий и мягких

конкреций в порах и трещинах, но не пропитывают основную общую массу (рисунок 5.6 а, b, c, d). Высокая насыпь привела к уплотнению основной массы верхних горизонтов погребенной почвы, что видно в шлифах. Из-за уплотнения поры сжаты в горизонтах Ahkb, ABthkb1 и ABthkb2, где они покрыты глинистыми кутанами.

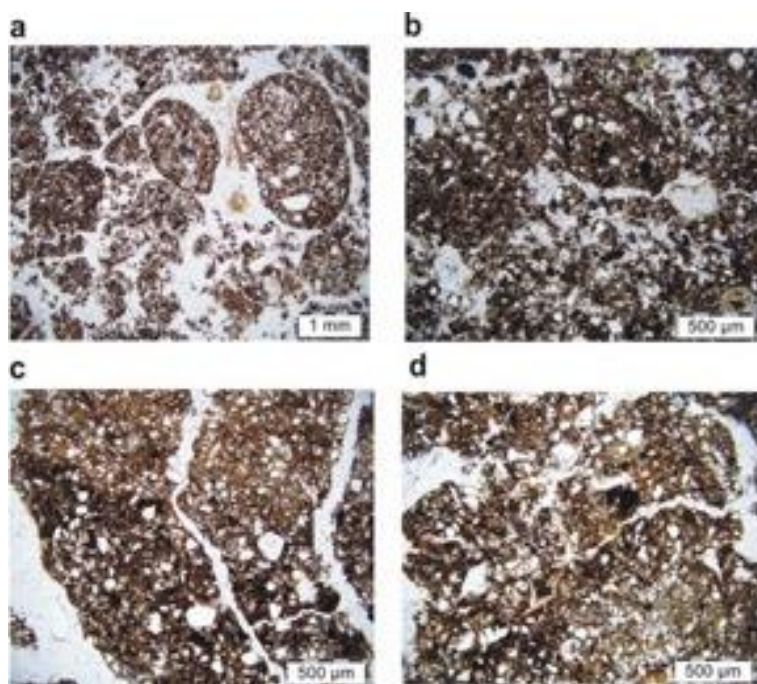


Рис 5.6 Микростроение гумусовых горизонтов погребенной почвы, PPL. (a,b) – пропитанные темным гумусом зоны в Ahkb (a) и ABthkb1 (b) горизонтах. (c, d) – то же самое в горизонтах ABthkb2 (c) и Btkb (d).

Горизонты *argic* обеих почв имеют комковатую микроструктуру (рисунок 5.7 b, e). Тонкодисперсная масса характеризуется высоким двупреломлением, вокругскелетным и струйчатым типом оптической ориентации, а также глинистыми кутанами. В горизонте BtAh фоновой почвы появляются диспергированные разрушенные кутаны (рисунок 5.7 а). Подобные кутаны прослеживаются вплоть до горизонта Bt2 (рисунок 5.4 c, d). Грани педов остаются либо непокрытыми, либо имеют тонкие гипокутаны (рисунок 5.7 c). Внутripедные трещины имеют чистые стенки и покрыты крупными отбеленными зернами, образующими языки отбеливания вплоть до горизонта Bt2 (рисунок 5.4 a, b). Крупные зерна песка в верхних горизонтах остаются в основном непокрытыми. В погребенной почве в верхнем горизонте появляются разрушенные глинистые кутаны появляются в основной массе в горизонте Ahkb (рисунок 5.3 b) и далее вниз до горизонта Btkb (рисунок 5.1 g; 5.3 g, e). Тонкие гипокутаны могут покрывать некоторые трещины, оставляя большинство из них непокрытыми (рисунок 5.3 d, 5.7 b,d). Исходя из этого

можно сделать вывод, что фоновая почва больше проработана кутанами по сравнению с погребенной.

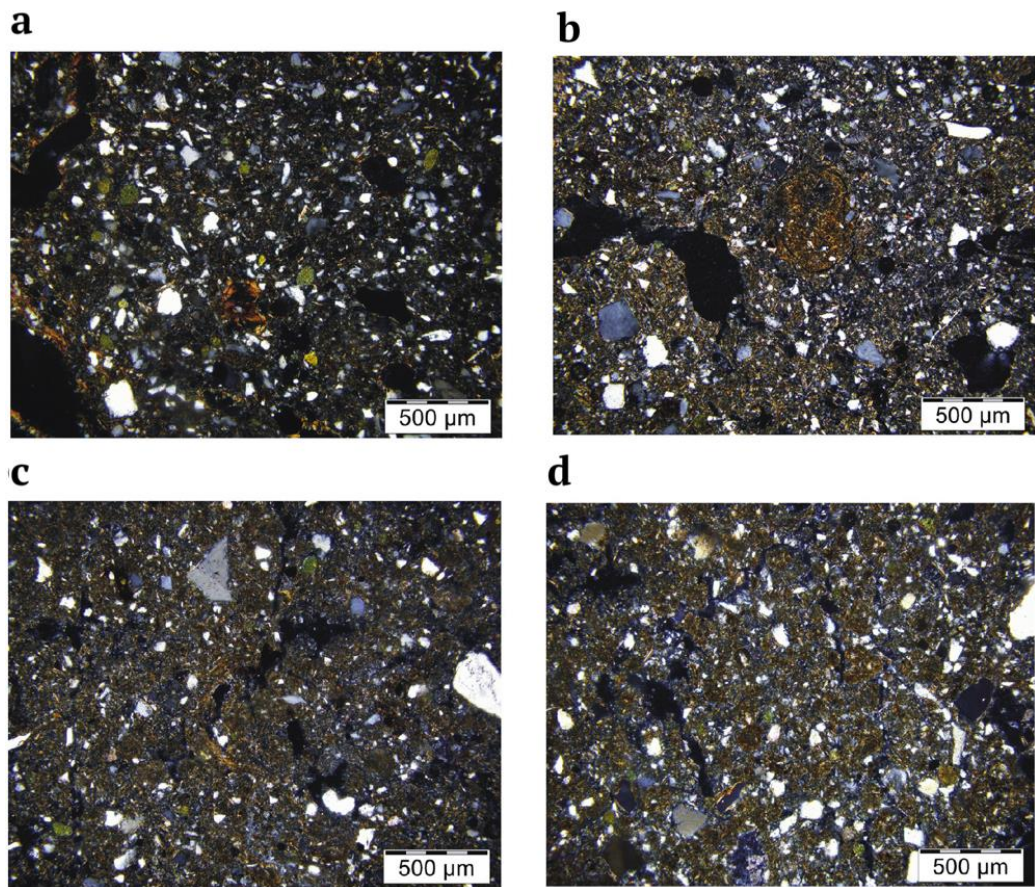


Рис 5.7 Микростроение горизонтов argic, XPL. Слева – фоновая почва, справа – погребенная почва. (a, b) – глинистые кутаны во внутрипедной массе и тонкие гипокутаны по границам педов в горизонте BtAh (a) и ABthkb2 (b); глинистые кутаны распложены дисперсно во внутрипедной массе и только частично на поверхности педов в горизонте Bt2 (c) и ABthkb2 (d). Глауконитовые зерна диагностируются по зеленоватому оттенку.

Погребенные горизонты почвы в нижнем слое лесса подтверждаются набором микропризнаков (рисунок 5.8 а, б). Горизонты 2Ahkb как в фоновой, так и в погребенной почве характеризуются мелкозернистой микроструктурой и обилием карбонатов, представленных пропиткой, спаритовыми зернами и микритовыми карбонатными кутанами (рисунок 5.8 с, d). Глинистые кутаны присутствуют только в закрытых порах, оставляя пустыми межпедные щели. В обеих почвах наблюдается большое количество неокатанных крупных песчаных зерен.

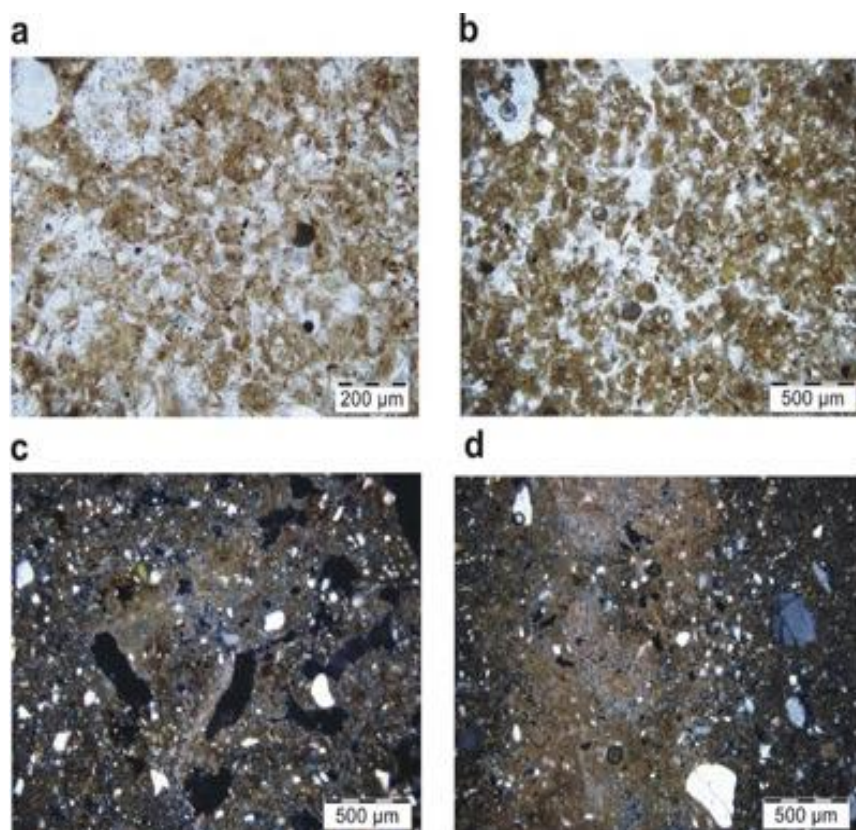


Рисунок 5.8 Микроморфологическое строение карбонатного лесса. Слева – фоновая почва, справа – погребенная почва. (a, b) – горизонт 2Ahkb, мелкозернистая структура, PPL; (c, d) – горизонт 2AhBkb, насыщение плазмы карбонатным материалом, зерна и пленки карбонатного спарита, XPL. Видны неокатанные песчаные зерна. Глауконитовые зерна диагностируются по зеленоватому оттенку.

Подраздел 5.2.3 Физико-химические свойства почв городища Борисовка

Гранулометрический состав хорошо согласуется с морфологическими описаниям. Как погребенная, так и фоновая почвы сформировались в пылевой глине и пылеватом тяжелом суглинке (Приложение, таблица 5.2; рисунок 5.9). Гумусовые горизонты фоновой почвы (три гумусовых горизонта с общей мощностью 40 см) представляют собой пылеватый суглинок и пылеватый тяжелый суглинок. Средняя часть профиля (от горизонтов BtAh до Bt2 мощностью 40–120 см) - пылеватый тяжелый суглинок, нижняя часть профиля (2Ahkb и 2AhBkb горизонты) – пылеватая глина. В верхних 40 см содержится меньше ила и больше среднего песка. Отношение C_{si}/C (крупная пыль/ил) содержания ила в иллювиальных горизонтах к содержанию ила в гумусовом горизонте (Приложение, таблица 5.2) составляет 1,9, что соответствует резкой смене

гранулометрического состава (Розанов, 2004; IUSS, 2015). С учетом значения объемной плотности отношение C_{si}/C увеличивается до 2,8.

Погребенная почва также сформирована в пылеватом тяжелом суглинке, но текстурная разница между верхними и нижними горизонтами меньше. Степень отношения C_{si}/C в иллювиальных горизонтах к гумусовому горизонту составляет 1,2–1,1, что соответствует слабому изменению гранулометрического состава (Розанов, 2004; IUSS, 2015). Кротовина на глубине 177–200 см представляет собой пылеватый тяжелый суглинок.

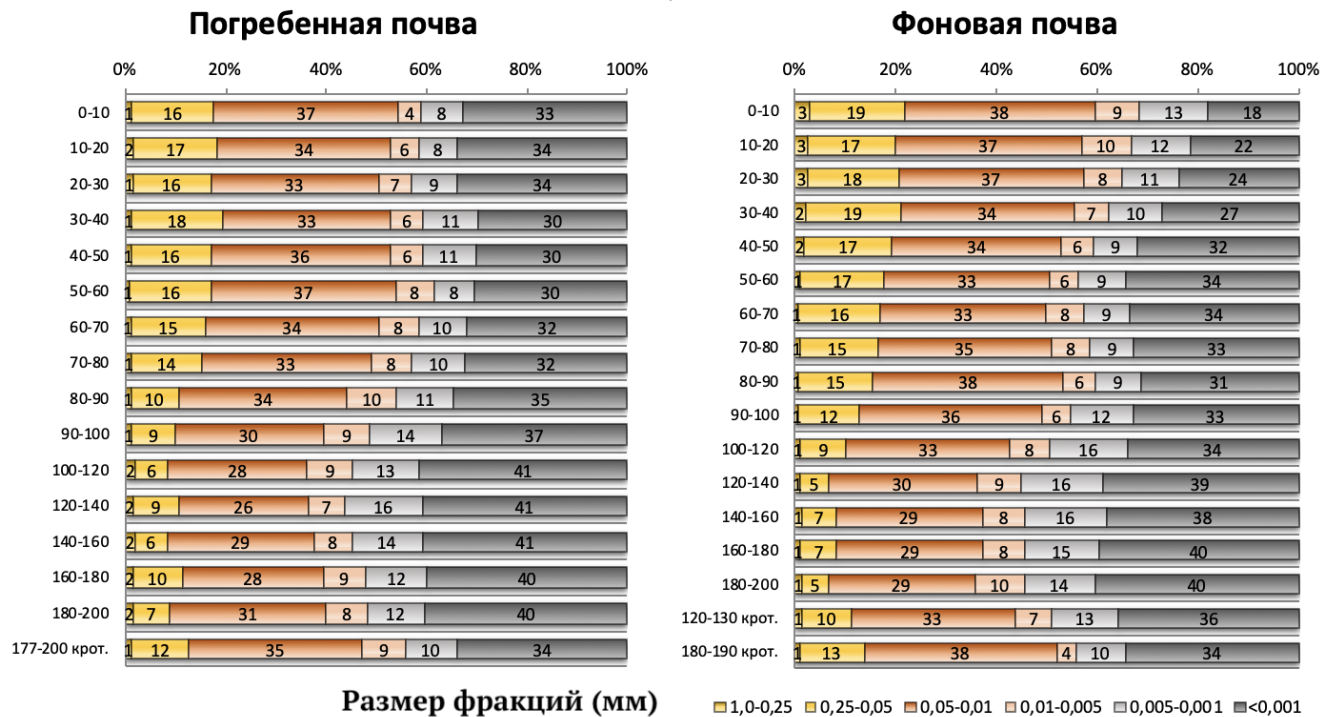


Рисунок 5.9 Гранулометрический состав

Объемный вес, плотность и порозность (Приложение, таблица 5.3).

Горизонт Ah1 фоновой почвы имеет наименьшее значение объемной плотности, которая постепенно увеличивается в горизонтах Ah2 и Ah3. Переходный горизонт BtAh, а также иллювиальные горизонты характеризуются наибольшими значениями объемной плотности. Нижние горизонты имеют значительно меньшую объемную плотность. Погребенная почва имеет аналогичную картину распределения объемной плотности, но верхние горизонты значительно плотнее из-за просадки под земляной насыпью. Наибольшая пористость в фоновое почве характерна для верхних гумусовых горизонтов, а наименьшая – в иллювиальных. Напротив, в погребенной почве пористость по всему профилю низкая, сравнимая со средней и нижней частями фоновой почвы.

Элементный анализ (Приложение, таблица 5.5). Большинство элементов распределяются в соответствии с гранулометрическим составом и хорошо коррелируют с распределением ила и крупной пыли как в погребенных, так и в фоновых почвах. Три верхних гумусовых горизонта и горизонт BtAh в фоновой почве и гумусовый горизонт погребенной почвы обогащены кремнеземом и содержат меньше железа, алюминия и магния по сравнению с нижними горизонтами. Разница в концентрации элементов между верхним и нижним горизонтами больше выражена в фоновой почве. Отмечено, что содержание железа в кротовинах выше, чем в гумусовых горизонтах. Содержание TiO_2 , Na_2O и K_2O равномерно распределено как в фоновых, так и в погребенных почвах из-за того, что содержание титана связано с первичными полевыми шпатами. Верхние горизонты фоновой почвы обогащены MnO, что обусловлено биогенным накоплением элементов, характерное для лесных экосистем с поверхностным распределением корней (Ильин, 1973; Пономарева, 1972). CaO равномерно распределяется в фоновой почве до слоя карбонатного лесса, где содержание CaO особенно высоко. В погребенной почве содержание CaO высокое во всех горизонтах. Кротовины в карбонатных лессах также обогащены CaO в обеих почвах.

Фракции железа (Приложение, таблица 5.4).

Оксиды и гидроксиды железа широко используются в качестве палеоклиматических сигналов (Водяницкий, 2008; Sauer et al., 2009). Распределение экстрагируемого оксалатом железа характеризуется отчетливым накоплением в верхних гумусовых горизонтах, что указывает на биогенную аккумуляцию. В верхних горизонтах фоновой почвы содержание кристаллического железа и силикатного железа небольшое. Отношение Feo/Fed достигает максимальных значений в верхних горизонтах фоновой почвы, что коррелирует с окислительно-восстановительными условиями (Самофалова с соавт., 2012; Schwertmann, 1988; Водяницкий, 2002).

Общие химические свойства (Приложение, таблица 5.4).

Гумусовые, BtAh и иллювиальные горизонты фоновой почвы слабокислые и умеренно кислые, что типично для Phaeozems лесостепных территорий Восточно-Европейской равнины. Точно так же значения pH коррелируют с обменной кислотностью. Нижние горизонты 2Ahkb и 2AhBkb, сформированные в нижнем слое лесса, являются щелочными и содержат значительное количество свободного карбоната. Все горизонты погребенной почвы сильнощелочные и обогащены карбонатами. Содержание гумуса высокое не только во всех гумусовых горизонтах фоновой почвы, что характерно для почв, сформированных под лесостепной растительностью, но и в горизонте BtAh. Содержание гумуса в погребенной почве значительно ниже, чем в

фоновой, что является результатом диагенетических изменений. Оба горизонта погребенной почвы 2Ahkb и 2AhVkb отмечены повышением содержания гумуса – от 1 до 2%.

Содержание общего углерода, гуминовых и фульвокислот во всех гумусовых горизонтах почв коррелирует с увеличением содержания углерода органических соединений. В то же время содержание фульвокислот уменьшается вниз по профилю. Доля гуминовых кислот в содержании органического вещества ($C_{гк} \cdot 100 / C_{орг}, \%$, Приложение, таблица 5.6) в свою очередь в верхних горизонтах Ah1 и Ah2 фоновой почвы, в горизонтах Ah3 и BtAh и в горизонте Ahkb погребенной почвы выше. Состав гумуса различается в пределах гумусовых горизонтов фоновой почвы. В горизонтах Ah1 и Ah2 содержание гуминовых кислот лишь незначительно превышает содержание фульвокислот (соотношение $C_{гк}/C_{фк}$ 1,1–1,8). В горизонтах Ah3 и BtAh поверхностной почвы и в горизонте Ahkb погребенной почвы преобладают гуминовые кислоты (отношение $C_{гк}/C_{фк}$ 2,0–2,5).

Подраздел 5.2.4 Содержание микробиоморфов в почвах городища Борисовка

По стандартной методике (глава 2) был выполнен микробиоморфный анализ четырех образцов, взятых попарно из погребенной и фоновой почв. Во всех парах была единая глубина отбора пробы – 0-2 см. Оба образца из погребенной почвы содержат сходный набор микробиоморф – преобладает аморфная органическая масса, растительный мелкий детрит. Общее содержание фитоцитов небольшое или они единичны. Все формы фитоцитов принадлежат двудольным травам. Подобный набор микробиоморф не характерен для поверхностных горизонтов почв. Он типичен для нижней части гумусового горизонта или для переходного органо-минерального горизонта почвы. То есть почва на момент создания насыпи, вероятно, была скальпирована.

По составу микробиоморфной фракции образцы из погребенной почвы сходны между собой и резко отличаются от образцов из погребенной почвы. Эти образцы обогащены крупным детритом и фитоцитами. В фитоцитном комплексе основная часть представлена луговым разнотравьем. Есть формы, характерные для лесных злаков, сорной флоры, сухих мест обитания (степные злаки). Были также обнаружены формы, типичные для мхов. В целом, фитоцитный комплекс отражает хорошо развитый лугово-лесной фитоценоз с богатым разнотравьем.

Радиоуглеродное датирование гуминовых кислот, полученных из верхнего 10-сантиметрового слоя гумусового (Ahkb) горизонта погребенной почвы, показало возраст ^{14}C – 5920 ± 90 лет назад (IGAN 5605), или 6750 ± 120 кал. л.н.

Раздел 5.3 Реконструкция ландшафтов городища Борисовка

Почвы хроноряда сформированы на сходной литогенной основе, практически на одном гипсометрическом уровне, и разрезы почв расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Выявлено, что карбонатный лесс залегает на глубине 100 см в фоновой почве и на глубине 85 см – в погребенной. В толще этого лесса надежно зафиксированы устойчивые признаки доголоценового педогенеза, диагностированные на макро-, мезо-, и микроуровнях морфологической организации. В почвах также выявлено некоторое увеличение содержания почвенного органического вещества и присутствие зерен глауконита, что является типичным для водного осадконакопления.

Верхний слой погребенной почвы был скальпирован в результате выравнивания поверхности при сооружении вала. Об этом свидетельствует уменьшение содержания ила и увеличение содержания песка в фоновой почве по сравнению с погребенной почвой, поэтому ее верхний Ahkb горизонт соответствует не верхнему Ah1 горизонту фоновой почвы, а ее второму гумусовому горизонту BtAh (40–50 см). Факт скальпирования подтверждается также следующим фактическим материалом.

1. Верхний 40-см слой профиля фоновой почвы обогащен крупным и средним песком по сравнению с верхним гумусовым горизонтом погребенной почвы. Это не может быть объяснено процессом педогенеза, но является индикатором литологической неоднородности. Содержание песка является сопоставимым для BtAh горизонта фоновой почвы (40–50 см) и верхнего горизонта Ahkb погребенного профиля почвы. Факт литологической неоднородности в дневной почве подтверждается также данными микроморфологического исследования: верхние горизонты почвы обогащены песком по сравнению с нижележащими горизонтами.

2. Горизонт Ahkb четко прослеживается по всем трем стенкам разреза (рисунок 5.2). С другой стороны, нижняя часть насыпной толщи вала прогумусирована и в целом по окраске похожа на горизонт Ahkb, что не исключает скальпирование его части и переотложение в результате возведения насыпи.

3. Погребенная почва содержит малое или единичное количество фитоцитов, что типично для нижних гумусовых горизонтов почв.

4. Горизонты Ah3 и BtAh дневной и горизонт Ahkb погребенной почвы характеризуются близким содержанием гумуса и близкими величинами соотношения $C_{гк}/C_{фк}$, в то время как горизонты Ah1 и Ah2 фоновой почвы отличаются от горизонта Ahkb погребенной почвы.

5. Дифференциальные кривые гранулометрического состава в обоих профилях оказываются схожими. Например, распределение фракций с глубины 30–40 в погребенной почве соответствуют слою 70–80 см в фоновой почве (рисунок 5.10 с, d).

Принимая изложенный выше материал, можно подтвердить срезание 40-см слоя погребенной почвы. В данном случае корректно сравнивать горизонты попарно, начиная с горизонта Ahkb погребенной почвы и BtAh горизонта фоновой почвы.

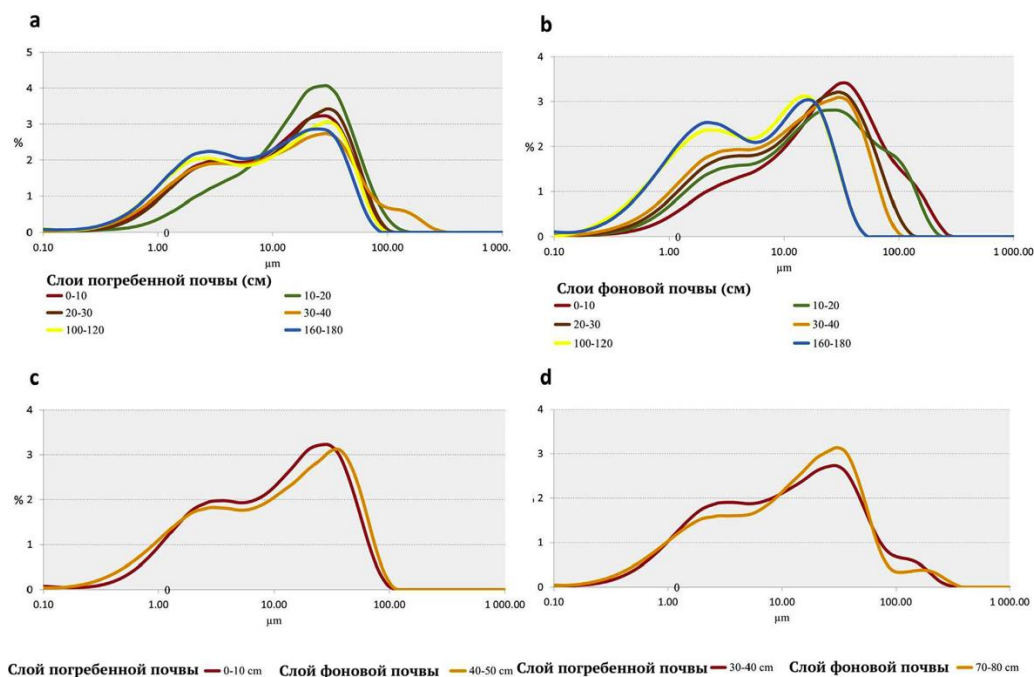


Рисунок 5.10 Дифференциальные кривые гранулометрического состава с шагом в 10 см для погребенной и дневной почв (на основе метода лазерной гранулометрии).

Макро- и мезоморфологические характеристики срединных частей изученных почв: дневной (горизонты BtAh, Bt1 и Bt2) и погребенной почв (горизонты ABthkb1, ABthkb1 и Btkb) характеризуются сходством структурной организации и кутанного комплекса (рисунки 5.1 и 5.2). Микроморфологические свойства парных горизонтов также показывают общность строения между горизонтами (с учетом срезки верхней части профиля погребенной почвы). Горизонт BtAh дневной почвы схож с горизонтом Ahkb погребенной почвы (рисунок 5.3 а); горизонт Bt1 дневной почвы идентичен горизонту ABthkb1 погребенной почвы (рисунок 5.3 с, d) горизонт Bt2 дневной почвы имеет схожие свойства с горизонтом ABthkb2 погребенной почвы (рисунок 5.3 с, d). Также оказывается сходным микростроение доголоценовых почв в обоих разрезах (рисунок 5.3 е, f; 5.7).

Погребенная почва подвержена процессам диагенеза. Верхние горизонты обогащены диагенетическими карбонатами, что привело к увеличению щелочности почвы, увеличению содержания CaO.

Таким образом, предоставляется возможность реконструировать исходный профиль погребенной почвы, учитывая 40-см срезку в результате сооружения вала, а также характер и степень диагенетических изменений почвы. По классификационному положению почва находится между *Phaeozem* (IUSS Working Group WRB, 2015) и *Chernozem* с горизонтом *calcic* (лежащим на слое лесса с доголоценовой почвой). Эта почва является полигенетичной и содержит признаки лесного и степного почвообразования. Признаки лесного педогенеза выражены в наличии *luvic* признаков, что четко видно на макро- и мезоморфологическом уровнях (рисунки 5.1 и 5.2). Микроморфологические наблюдения показали наличие многослойных кутан, в основном локализованных во внутриваловой массе.

Погребенная почва имела горизонт *Chernic* с мощностью более 50 см, от которого в настоящее время сохранилась лишь нижняя часть. Принимая во внимание срезанную часть профиля около 40 см, можно предположить, что мощность реконструированного профиля составляла 46–72 см. Содержание гумуса в горизонте Ahkb погребенной почвы составляет 1,5%, что близко к его содержанию в горизонте BtAh (1,6%) фоновой почвы. Существовавший до погребения горизонт имел все морфологические черты степного педогенеза: темную окраску, комковато-зернистую структуру, и высокое содержание почвенного органического вещества гуматного состава. Анализ микростроения подтвердил, что внутриваловая масса горизонтов Ahkb и ABthkb1 погребенной почвы прогумусирована (рисунок 5.5 а, б). Заполнения с темным гумусовым материалом в тонкодисперсной массе, диагностированы в нижележащей толще (горизонты ABthkb2 и Btkb). Таким образом, реконструированная мощность прогумусированной толщи исходной почвы достигала 1.0 м (рисунок 5.5 с, d). Степной генезис почв подтверждается также наличием кротовин. Исследования показывают, что кротовины являются индикаторами наличия мощных гумусовых горизонтов черноземов среднеголоценового возраста (Александровский, Гольева, 1996; Вернандер, 1963; Коржинский, 1891). Таким образом, реконструированную почву, сформированную в пределах исследованного участка до ее погребения, надо классифицировать как *Chernic Luvic Phaeozem Loamic*.

На основании реконструкции исходного почвенного профиля, эволюционная модель изученного хроноряда исследованных почв выглядит следующим образом. Обе почвы сформированы на единой литогенной основе. В нижних частях профилей почв в толще карбонатного лесса были сформированы профили доголоценовых почв, классифицированных

как *Cambic Cryosol Loamic Calcaric*. Высокое содержание карбонатов указывает на условия формирования типичных позднеплейстоценовых почв (Sycheva and Khokhlova, 2016, Terhorst et al., 2015). Влияние криогенеза зафиксировано в шлифах в виде трещиноватых минеральных зерен, пылеватом сложении вмещающей массы (рисунок 5.8), наличии микрозон с криогенной сепарацией зерен, что весьма характерно для позднеплейстоценовых почв (Van Vliet-Lanoe, 2004; Terhorst et al., 2015). Эти микропризнаки типичны для современных криоземов (отдел криометаморфических почв, по «Классификации и диагностике...», 2004). В данном случае *Cryosols* содержат остаточное содержание органического вещества (1-2%) вследствие процессов диагенеза.

Следующий этап седиментации является результатом отложения бескарбонатного лесса. Оба лессовых слоя имеют схожий гранулометрический состав и, по-видимому, имеют общий генезис, который индексируется присутствием зерен глауконита. Финальная стадия седиментации лессового материала зафиксирована в верхнем 30-см слое фоновой почвы, который был скальпирован в погребенной почве при сооружении вала. В обеих почвах в их развитии хроноряда зафиксирована гумидная (лесная?) фаза педогенеза. Есть материалы, доказывающие вторичный характер лесной растительности и лесных почв как зональных компонентов лесостепи в результате надвигания леса на степь (Ахтырцев, 1996; Павленко, 1995). Эта стадия зафиксирована в формировании признаков *luvic*: призматической структуры с глинистыми кутанами в горизонтах Bt. Мы не можем назвать конкретный период голоцена, когда произошли эти изменения. Однако недавние исследования (Чендев с соавт., 2016) эволюции ландшафтов Ямской степи (120 км на северо-восток от городища Борисовка-1) показали, что облесение степных участков имело место 6000–6500 л.н. В более поздний период, вплоть до настоящего времени, на водораздельных пространствах доминировали лугово-степные ландшафты. Фаза повышенной облесенности территории также наблюдалась в начале суббореального периода голоцена (ранее 4600 лет), однако в это время развитие лесов ограничивалось их распространением в балочных системах.

Далее лесная фаза сменилась степной. Глинистые кутаны были частично разрушены, вовлечены во внутripедную массу и замаскированы пропиткой темного гумуса, что отчетливо диагностируется в верхних Ah3 и BtAh горизонтах фоновой почвы, которые, по-видимому, являются частями гумусовых горизонтов степных почв. В погребенной почве сплошная пропитка вмещающей массы темным гумусом в сохранившейся части гумусового Ahkb и переходного ABthkb горизонтов степной почвы. Степная фаза формирования почвенных профилей хроноряда прослежена в формировании горизонта *chernic* с реконструированной мощностью 50–70 см.

Кротовины в обоих почвенных профилях также подтверждают степную фазу формирования почв, поскольку являются индикаторами мощных гумусовых горизонтов черноземов среднеголоценового возраста (Александровский, Гольева, 1996; Вернандер, 1963; Коржинский, 1891).

Полученная нами радиоуглеродная датировка суммы гуминовых кислот из 10-см слоя Ahkb горизонта погребенной почвы, составляющей 6750 ± 120 л.н. CalBP (IGAN 5605), подтверждает существование степных условий в среднем голоцене. Полученная датировка близка к радиоуглеродной дате, полученной для горизонта АВ целинного чернозема (на глубине 60–80 см) в Ямской степи, составляющей 6110 ± 100 л.н. CalBP (IGAN 743) (Русаков, 2012). Таким образом, можно полагать, что гумусовый горизонт изученной почвы формировался в степную фазу атлантического периода голоцена.

Полигенетические свойства описанных выше почв сохранялись вплоть до раннего железного века, до момента возведения оборонительного вала. Степные ландшафтные условия сменились на широколиственные биоценозы во время или сразу после раннего железного века.

Следующие стадии педогенеза можно реконструировать, базируясь на свойствах поверхностной почвы, в которых отражены стадии оглинивания и развития *greyzemic* признаков (рисунок 5.5 e,f) в верхней части горизонта *argic*. Современное иллювиирование глины представлено виде тонких гипокутан (рисунок 5.7 а, с). Прежний горизонт *chernic* деградировал и представляет собой типичный для подзоны широколиственных лесов темно-серый комковато-мелкозернистый горизонт с обилием копролитов и растительных остатков различной степени разложенности (рисунок 5.5 8a, b). Пигментированная гумусом внутripедная масса отличается от темногомусовой пропитки степных почв (рисунок 5. 4 с, d; 5.5 а, b, с, d). В дневной и погребенной почвах исходный гумусовый горизонт сохранился в нижних частях: горизонты Ah3 и BtAh дневной почвы и Ahkb и Abthkb горизонты погребенной почвы. Таким образом влажная фаза, которая доминировала последние 2,5 тысячи лет привела к усилению свойств почв, характерных для лесного педогенеза, в фоновой почве были обнаружены отбеленные скелетаны, которые отсутствуют в погребенной почве, помимо этого, свойства *luvic* выражены ярче в фоновой почве, по сравнению с погребенной (Rusakov et al., 2018)¹⁵.

¹⁵ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Rusakov A.V., Makeev A.O., Khokhlova O.S., Kust P.G., Lebedeva M.P., Chernov T.I., Golyeva A.A., Popov A., Kurbanova F.G., Puzanova T.A. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. Quaternary International, Pergamon Press Ltd. (United Kingdom), 2018, с. 1-22. IF – 2,190 <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016> Личный вклад автора составляет 30%

Выводы

Изучение погребенной и фоновой почв городища Борисовка позволило выявить тренд эволюционного развития ландшафтов на южной границе лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины в период после раннего железного века (2500 тыс. л.н.) до настоящего времени.

Обе почвы хроноряда были сформированы в схожих литолого-топографических условиях в непосредственной близости друг от друга и представляли собой почвенные тела, сформированные на одинаковых отложениях: бескарбонатные лессовидные суглинки, подстилаемые карбонатным лессом. Фоновая почва на основании полевой диагностики классифицирована как *Chernic Greyzemic Luvic Phaeozem (Loamic)* (IUSS Working Group WRB, 2015), а погребенная почва – как *Luvic Chernozem (Loamic)*. Установлено, что верхняя часть профиля погребенной почвы была скальпирована в процессе сооружения вала городища и подверглась диагенетическим изменениям. Последние заключаются в обогащении диагенетическими карбонатными новообразованиями, которые привели к увеличению актуальной щелочности почвы по всему профилю, увеличению содержания CO₂ и CaO, а также уплотнению верхних горизонтов. Отсутствие фитолитов в верхнем горизонте погребенной почвы, схожее распределение гранулометрических фракций в обоих профилях почв (глубина 30–40 см в погребенной почве соответствует слою 70–80 см в фоновой почве) свидетельствуют о том, что погребенная почва была скальпирована на 40 см. В итоге почва была классифицирована как *Chernic Luvic Phaeozem Loamic*.

На основании данных морфолого-генетического анализа и комплекса аналитических методов установлено, что почвы хроноряда являются полигенетичными, в строении профиля и свойствах которых записаны устойчивые признаки, свойственные проявлениям как лесного, так и степного почвообразования. Гумидная (лесная) стадия педогенеза отражена в виде комплекса *luvic* свойств. Степная фаза педогенеза выражена в формировании мощного горизонта *chernic* и наличии палеокротовин в средней и нижней частях профилей исследованных почв. Результаты радиоуглеродного датирования верхней части гумусового горизонта погребенной почвы (6750±120 л.н. CalBP) позволил отнести степной этап формирования почвы к Атлантическому периоду голоцена. Следующая стадия педогенеза связана с раннежелезным веком, когда почва формировалась под пологом широколиственных лесов, что подтверждается данными биоморфного анализа. В это время произошла трансформация верхней части гумусового горизонта, усилении процессов глинистого иллювиирования и развитии *greyzemic* признаков в

верхней части текстурного горизонта. Современное иллювирирование глины выражено в основном в виде тонких гипокутан.

Проведенные исследования почв хроноряда показали относительно стабильные ландшафтные условия на южной границе лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины с раннего железного века (Чернов с соавт., 2018).¹⁶

¹⁶ При подготовке данного раздела диссертации использованы следующие публикации, выполненные автором в соавторстве, в которых, согласно Положению о присуждении ученых степеней в МГУ, отражены основные результаты, положения и выводы исследования: Чернов Т.И., Железова А.Д., Кутовая О.В., Макеев А.О., Тхакахова А.К., Бгажба Н.А., Курбанова Ф.Г., Русаков А.В., Пузанова Т.А., Хохлова О.С. Сравнительная оценка структуры микробиомов погребенных и современных почв при помощи анализа микробной ДНК. Микробиология, издательство Академиздатцентр "Наука" (Москва), 2018, том 87, № 6, с. 737-746. IF – 1,973 <http://dx.doi.org/10.1134/S0026365618060071> Личный вклад автора составляет 20%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение единого комплекса почвенных и палеогеографических методов в разных природных зонах позволило создать непротиворечивую картину динамики ландшафтных условий второй половины голоцена для центра Русской равнины. Эта картина подтверждена несколькими хронориями, изученными с многочисленными повторностями и подкреплена методами абсолютного датирования.

Эволюция почв подзоны широколиственных лесов, в отличие от более южных регионов, характеризовалась меньшей контрастностью: основные черты строения профиля почв уже были сформированы до начала эпохи бронзы, и их последующая эволюционная трансформация была незначительной. Сходные свойства почв хронория бронзовый – ранний железный век – современность свидетельствуют о сходстве природных условий с начала суббореала и до настоящего времени. Данные по торфяным залежам верховых болот, расположенных в подзоне хвойно-широколиственных лесов, подтверждают, что лесные условия сохранялись здесь в течение всего голоцена (Новенко с соавт., 2019). Темноцветные горизонты, представленные в погребенных почвах бронзового века на юге лесной зоны, формировались под пологом открытых лесных сообществ с широким участием лугово-степных трав. Радиоуглеродный анализ подтвердил, что формирование темноцветных гумусовых горизонтов всех этих почв приходится на время до конца атлантического периода. В частности, впервые была получена радиоуглеродная датировка гумусовых лаков.

Почвы лесостепной зоны являются полигенетичными, в строении профиля и свойствах которых записаны признаки, свойственные этапам как лесного, так и степного почвообразования. Наиболее явно это отражается в кутанном комплексе, который состоит из чередования карбонатных и глинистых пленок. Результаты радиоуглеродного датирования гумусового горизонта погребенных почв позволили отнести степной этап формирования почвы к атлантическому периоду голоцена. Детальные исследования пяти разновременных оборонительных валов в центральной части лесостепной зоны позволили зафиксировать смену относительно влажных и засушливых климатических периодов во временном интервале ранний железный век – современность.

ВЫВОДЫ

1. Исследованные почвы отражают динамику природных условий в голоцене. Так, гумидная стадия установлена по наличию кутанного комплекса, деградации гумусового горизонта, появлению отбеленных песчано-пылеватых зерен и выносу карбонатов. Степная фаза почвообразования выражена в формировании гумусово-аккумулятивного горизонта, разных форм карбонатных новообразований и наличии кротовин.

2. Радиоуглеродные даты позволили отнести формирование темноцветных гумусовых горизонтов на время до конца атлантического периода до начала суббореального периода. В этот период степи заходили в пределы современной лесостепи, что приводило к формированию почв черноземного облика. На юге лесной зоны в это время доминировали широколиственные леса с широким участием трав.

3. Темноцветные гумусовые горизонты в почвах на юге лесной зоны формировались под пологом широколиственных лесов.

4. С конца суббореала в лесной и лесостепной зонах зафиксирована стадия трансформации темноцветного гумусового горизонта в бурый горизонт, характерный для почв продуктивных лесных ценозов, а также увеличение числа и глубины отмытых песчано-пылеватых зерен.

5. В центральной лесостепи были выявлены аридные фазы ~2500 и ~1500 лет назад. Кратковременная аридизация ~2500 л.н. привела к появлению в профиле карбонатных плёнок поверх глинистых кутан и повышению уровня залегания карбонатов. Аридный этап, зафиксированный в почве, погребенной ~1500 л.н., длился значительно дольше, что проявилось в проградации темноцветного гумусового горизонта, появлении новых форм карбонатных новообразований, а также увеличении количества кротовин.

6. Подтверждено, что почвенные свойства являются надежными индикаторами для палеоландшафтной реконструкции природной среды в голоцене. Почвенные признаки согласуются с другими палеогеографическими индикаторами (микробиоморфными, изотопными) и архивами (болотными, делювиально-флювиальными).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский, А. Л. История почв и климата на Юге России // II Городцовские чтения. — М. : ГИМ Москва, 2005. — С. 79–86.
2. Александровский, А. Л. Развитие почв Восточной Европы в голоцене // Дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.23 / Александровский Александр Леонтьевич. — М., 2002. — 296 с.
3. Александровский А. Л., Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. — М. : Наука, 2005. — 223 с. ISBN 978-5-02-033947-4.
4. Александровский, А. Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. — М. : Наука, 1983. — 150 с.
5. Александровский, А. Л. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью // Естественная и антропогенная эволюция почв. — Пущино, 1988. — С. 82–94.
6. Александровский, А. Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. № 3. — С. 290–298.
7. Александровский, А. Л. Запись природной среды в почвах голоцена // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / Отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. — М. : Изд-во ЛКИ, 2008. — 687 с. ISBN: 978-5-382-00704-5.
8. Александровский А. Л., Гольева А. А. Палеоэкология древнего человека по данным междисциплинарных исследований почв археологических памятников Верхнего Дона // Археологические памятники лесостепного Подонья. — Липецк, 1996. Вып. 1. — С. 176–183.
9. Александровский, А. Л., Эволюция лесных почв Центрального региона. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. Отв. Ред. Иванов И. В., Кудяров В. Н. — М. : ГЕОС, 2015 – С. 388–400.
10. Андреев, С. И. Почвы Чувашской АССР. — Чебоксары: Чувашкнигоиздат, 1971. Т. 1. — 358 с.
11. Аринушкина, В. Е. Руководство по химическому анализу почв. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 488 с.
12. Атлас Липецкой области / ВГПУ. — М. : Федер. Служба геодезии и картографии России, 1994. — 47 с.: ил.
13. Афанасьева, Е. А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. — М. : Наука, 1966. — 224 с.

14. Ахтырцев, Б. П., Ахтырцев А. Б. Лугово-черноземные палеопочвы эпохи бронзы Окско-Донской лесостепи // Почвоведение. 1990. № 7. — С. 26–38.
15. Ахтырцев, Б. П., Ахтырцев А. Б. Палеочерноземы Среднерусской лесостепи в позднем голоцене. Почвоведение. 1994. № 5. — С. 14–24.
16. Ахтырцев, Б. П. История формирования и антропогенная эволюция серых лесостепных почв. — Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия 2. 1996. № 2 — С. 11–19.
17. Бобровский, М. В. Биотические и антропогенные факторы долговременной динамики лесных почв Европейской России // Автореф. ... дис. д-ра биол. наук: 03.02.08 / Бобровский Максим Викторович. — М., 2013. — 49 с.
18. Бобровский, М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. — М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2010. — 359 с.
19. Болиховская, Н. С. Эволюция лессово-почвенной формации Северной Евразии. — М. : Изд-во МГУ, 1995. — 270 с.
20. Большов, С. В. Структурообразующие признаки средневолжской абашевской культуры. Абашевская культурно-историческая общность: истоки, развитие, наследие // Материалы междунар. науч. конф. Чебоксары, 2003. — 272 с.
21. Бруяко, И. В., Ранние кочевники в Европе (X–V вв. до Р. Х.). — Кишинёв : «Высшая антропологическая школа», 2005. — 360 с.
22. Вагнер, Г. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. — М. : Техносфера, 2006. — 575 с.
23. Васильев, О. А. Размытые почвы Чувашской Республики. — Чебоксары : Чуваш. кн. изд-во, 2007.
24. Вернандер, Н. Б. Происхождение и свойства типа серых лесных почв западной части СССР // Исследования в области генезиса почв. — М. : Академия наук Сов. Союза, 1963. — С. 164–183.
25. Водяницкий, Ю. Н. Минералы железа как память почвенных процессов // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / Отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. — М. : Изд-во ЛКИ, 2008. — 692 с.
26. Водяницкий Ю.Н. Особенности оксидогенеза марганца в почвах русской равнины // Почвоведение, 2002, № 10. – с. 1171-1180
27. Воробьева, Л. А. и др. Теория и практика химического анализа почв. — М. : ГЕОС, 2006. — 400 с. ISBN 5-89118-344-7.

28. Величко, А. А., Борисова О. К., Зеликсон Э. М. и др. Влияние долго- и короткопериодных климатических колебаний на динамику экосистем (на основе палеоданных за последние 140 000 лет) // Четвертичная геология и палеогеография России. — М. : ГЕОС, 1997. — С. 47–53.
29. Гаель, А. Г., Смирнова Л. Ф. Пески и песчаные почвы. — М. : ГЕОС, 1999.
30. Гаель, А.Г. Пески Волго-Уральского междуречья и Урдинской дельты как объекты для облесения. / А.Г. Гаель, А.М. Якшина, Л.П. Брысова // Повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий Прикаспия методами лесомелиорации: сб. науч. тр. ВНИАЛМИ. Вып. 3 (89). - Волгоград, 1986. С. 12-26.
31. Гаель А.Г. Материалы к истории освоения песчаных степей в связи с дефляцией и развитием почв на разновозрастных наносах песка//Проблемы изучения истории современных биогеоценозов. М., 1984. С.122-170.
32. Геннадиев, А. Н. Почвы и время: модели развития. — М. : Изд-во МГУ, 1990. — 232 с.
33. Геология СССР. Том 11. Часть 1. Геологическое описание. Поволжье и Прикамье. Недра, Москва, 1967 г. – 872 с.
34. Геологическая карта четвертичных отложений Липецкой области. Масштаб 1:500 000. Серия: Геологические карты областей Центрального Федерального округа РФ. / Ред. Шик С. М. — МПР РФ Центр. регион. геол. центр, 1998.
35. Герасимов, И. П. Понятие «почва–природное тело» и его производные («почва–режим», «почва–воспроизводство», «почва–память»). Почвоведение. 1983. № 4. — С. 5–12.
36. Герасимов, И. П., Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР : Физико-географические условия ледникового периода. — М., Л. : Изд-во АН СССР, 1939. — 462 с.
37. Глазовская, М. А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. — М. : Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 336 с.
38. Гольева, А. А., Хохлова О. С., Энговатова А. В., Коваль В. Ю., Алешинская А. С., Кочанова М. Б., Макеев А. О., Пузанова Т. А., Курбанова Ф. Г. Исследование древних почв восточной части Московского Кремля. Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. Вып. 15. — М. : ИА РАН, 2019. — с. 29–43. [DOI: 10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-272-8](https://doi.org/10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-272-8)
39. Гольева, А. А. Биоморфный анализ в рамках морфологических исследований почвы. Почвоведение. 2001. № 43. — С. 217–230. DOI: 10.1016/S0341-8162(00)00165-X
40. Гольева, А. А. Биоморфный анализ как составная часть генетико-морфологического исследования почвы. Почвоведение. 1997. № 9. — С. 1045–1055.

41. Государственная почвенная карта. Масштаб 1:1 000 000. Лист N-38. Составлен О.А. Вадковской и Н.Н. Розовым. - 1953.
42. Демкин, В. А., Ельцов М. В., Демкина Т. С., Хомутова Т. Э. Палеопочвы археологических памятников степной зоны как индикаторы развития природной среды в голоцене // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические Науки. 2013. Т. 8. № 3. — С. 966–970.
43. Демкин, В. А. Почвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества // Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1997. — 213 с. ISBN 978-5-201-14338-5.
44. Енчилик, П. Р., Асеева Е. Н., Семенов И. Н. Биологическое поглощение и биогеохимическая подвижность микроэлементов в лесных ландшафтах центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника. Проблемы региональной экологии, 2018. № 4.
45. Иванов, И. В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. — М. : Наука, 1992. — 143 с.
46. Иванов, И. В., Табанакова Е. Д. Изменения мощности гумусового горизонта и эволюция черноземов Восточной Европы в голоцене (механизмы, причины, закономерности). Почвоведение. 2003. № 9. — С. 1029–1042.
47. Ильин, В. Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, B) в южной части Западной Сибири. — Новосибирск : Наука, 1973. — 390 с.
48. Исаченкова, Л. Б., Тарзаева М. В. Сравнительная биогеохимическая характеристика лесных экосистем // Экосистемы широколиственно-хвойных лесов южного Подмосковья. — М. : Географический факультет МГУ, 2006. — С. 84–97.
49. Калинин, П. И., Алексеев А. О. Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности // Вестник ВГУ. Серия : География. Геоэкология. 2008. № 1. — С. 9–15.
50. Калинин, П. И., Алексеев А. О. Геохимический подход к исследованию происхождения лессовых отложений юго-востока Русской равнины // Вестн. ВГУ. Серия : Геология. 2013. № 2 июль–декабрь. — С. 53–60.
51. Климанов, В. А., Серебрянная Т. А. Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. АН СССР. Сер. географическая. 1986. № 1. — С. 26–37.
52. Козловский, Ф. И. Методы изучения солевого режима почв. В кн.: Методы стационарного изучения почв. — М. : Наука, 1977. — С. 38–166.

53. Колода, В. В. Тюркская руническая надпись из лесостепной Хазарии // Поволжская археология, 2014. № 3 (9).
54. Коржинский С.И. Северная граница черноземно-степной области восточной полосы евопейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении// Тр. О-ва естествоиспытателе при Имп. Казан. Ун-те. 1891. Т. XXII. Вып. 6. 175 с.
55. Краснощекова, С. Д., Красницкий Л. Н. Археология Орловской области. — Орел : Изд-во «Вешние воды», 2006. — 320 с.
56. Лебедева, И. И., Тонконогов В. Д. Память о генетических горизонтах и профилях почв // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / Отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. — М. : Изд-во ЛКИ, 2008. — 692 с. ISBN: 978-5-382-00704-5.
57. Лисецкий Ф. Н., Мацибора А. В., Пичура В. И. Реконструкция палеоклиматических условий второй половины голоцена по результатам изучения погребенных и пойменных почв на юге Восточно-Европейской равнины // Международный журнал экологических проблем. 2016. Т. 4, — С. 131–148.
58. Лукашев, В. К. Геохимия четвертичного литогенеза. — Минск : Наука и техника, 1970. — 295 с.
59. Маданов, П. В. Вопросы палеопочвоведения и эволюции почв русской равнины в голоцене. — Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1967. — 122 с.
60. Марголина, Н. Я. Возраст и эволюция черноземов. — М. : Наука, 1988. — 144 с.
61. Методы палеогеографический реконструкций, Ред. П. А. Каплин, Т. А. Янина 201, М. — 212 с.
62. Михайлов, Е. П., Березина Н. С., Березин А. Ю., Кузьминых С. В., Мясников Н. С., Каховский В. Ф., Каховский Б. В. Археологическая карта Чувашской Республики. — Чебоксары : Чуваш. кн. изд-во, 2015. Т. 3. — 312 с.
63. Монин, А.С., Шишков, А.Ю. История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 406 с.
64. Нейштадт, М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. — М. : АН СССР, 1957. — 404 с.
65. Новенко, Е. Ю. Растительность и климат Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене // Дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.25 / Новенко Елена Юрьевна. — М., 2016. — 322 с.

66. Новенко, Е. Ю. Реконструкция динамики древесной растительности территории музея-заповедника «Куликово поле» в среднем и позднем голоцене // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. № 2. — С. 66–76.
67. Новенко, Е. Ю., Руденко О. В., Волкова Е. М., Зюганова И. С. Динамика растительности национального парка «Орловское полесье» в позднем голоцене // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». 2014. № 3 (59). — С. 302–310.
68. Орлов, Д. С. Химия почв. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 376 с.
69. Павленко, И. А. Лесостепные почвы нагорных дубрав правобережья Ворсклы и их происхождение // Материалы по географии и генезису почв лесной зоны Европейской территории СССР. — М. : Академия наук Сов. Союза, 1955. — С. 191–287.
70. Папкина, А. Э., Курбанова Ф. Г., Пузанова Т. А., Хохлова О. С. Эволюция почв Южного Предуралья в эпоху ранней бронзы на основе геоархеологических данных (на примере могильника «Красиковский I» в Оренбургской области. Материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции с международным участием «ПАЛЕОПОЧВЫ, ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ, ПАЛЕОЭКОНОМИКА». Товарищество научных изданий КМК Пушкино, 2017. — с. 141–145. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29123633> (дата обращения: 20.01.2020).
71. Пономарева, В. В. Условия водно-минерального питания растений, виды растительности и почвообразования. География, генезис и плодородие почв. Центр. музей почвоведения им В. В. Докучаева. — Ленинград, 1972. 57 (5). — С. 24–57.
72. Пономарева, В. В., Плотникова Т. А. Определение содержания и состава гумусовых веществ в почве по туринскому методу. Агрохимические методы исследования почв, 1975. — С. 47–55.
73. Радиоуглерод (^{14}C) в окружающей среде и метод радиоуглеродного датирования / Учеб.-метод. пособие Кулькова М. А. — СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 40 с.
74. Разуваев, Ю. Д. Второе городище скифской эпохи у с. Ксизово в правобережье верхнего Дона // Археология восточноевропейской лесостепи: сборник материалов междунар. науч.-практ. конф., посв. 80-летию со дня рожд. А. Г. Николаенко (г. Белгород, 14–16 декабря 2017 года) / отв. ред. В.А. Сарапулкин. — Белгород : ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2018. — С. 219–223.
75. Розанов, Б. Г. Морфология почв. — М. : Изд-во Академ. проект, 2004. — 432 с. ISBN-10: 5829104512.

76. Русаков, А. В. Почвы и почвенный покров Ямской степи / СПб. гос. ун-т, Гос. природ. заповед. «Белогорье». — СПб. : Изд-во СПбГУ, 2012. — 216 с.
77. Серебрянная, Т. А. Взаимоотношения леса и степи на Среднерусской возвышенности в голоцене // История биоценозов СССР в голоцене / Под ред. Л. Г. Динесман. — М. : Наука, 1976. — С. 159–166.
78. Сладков, А. Н. Введение в спорово-пыльцевый анализ. — М. : Наука, 1967. — 270 с.
79. Соколов, И. А., Таргульян В. О. О таежных почвах Забайкалья в связи с проблемой самобытности почв мерзлотно-таежной области // Почвоведение. 1976. № 8. — С. 20–31.
80. Спиридонова Е. А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене–голоцене. — М. : Наука, 1991. — 221 с.
81. Спиридонова, Е. А., Алешинская А. С. Периодизация неолита-энеолита Европейской России по данным палинологического анализа // Российская археология. 1999. № 1. — С. 23–33.
82. Сычева, С. А. Малый климатический оптимум голоцена и малый ледниковый период в памяти почв и отложений пойм рек Русской равнины // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2011. № 1. — С. 79–93.
83. Сычева С.А., Григорьева Т.Г., Пушкина П.Р. Стратиграфия ранневалдайского интервала внеледниковой области русской равнины (МИС 5d-4) // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, 2017. № 17. – с. 60-80
84. Таргульян, В. О. Память почв: формирование, носители, пространственно-временное разнообразие // Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / Отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. — М. : Изд-во ЛКИ, 2008. — с. 25–57.
85. Таргульян В. О., Александровский А. Л. Эволюция почв в голоцене (проблемы, факты, гипотезы). История биогеоценозов СССР в голоцене. — М. : Наука, 1976. — С. 57–78.
86. Таргульян, В. О. Элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2005. № 12. — С. 1413–1422.
87. Таргульян В.О., Бронникова М.А. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития // Почвоведение, 2019, № 3. – с. 259-275
88. Татьянченко, Т. В., Алексеева Т. В., Калинин П. И. Минералогический и химический составы разновозрастных подкурганых палеопочв Южных Ергеней и их палеоклиматическая интерпретация // Почвоведение. 2013. № 4. — С. 379–392.

89. Трегуб, Т. Ф. К вопросу корреляции отложениях аллювиальной и лессово-почвенной формации среднерусской возвышенности и долины верхнего Дона // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия : Геология. 2009. № 1. — С. 68–72.
90. Трегуб, Т. Ф. Палеоландшафтные критерии стратиграфии голоцена и корреляции археологических событий суббореального и субатлантического периодов Подонья // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия : Геология. 2010. № 2. — С. 94–99.
91. Хисяметдинова, А. А., Чижевский А. А. Методические аспекты изучения оборонительных сооружений городищ Волго-Камья Раннего Железного Века — раннего Средневековья // Археология эпохи раннего железа. 2018. — с. 107–136. DOI: 10.24852/ра2018.1.23.107.136
92. Хотинский, Н. А. Голоцен Северной Евразии. — М. : Наука, 1977. — 200 с.
93. Хотинский Н.А. Взаимоотношение леса и степи по данным изучения палеогеографии голоцена // Эволюция и возраст почв СССР. Пущино. 1986. С.46-53.
94. Хохлова, О. С. Механизм аккумуляции и трансформации педогенных карбонатов на основе их радиоуглеродного датирования в почвах голоценового хроноряда в степном Приуралье // Биосферные функции почвенного покрова. Научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР В. А. Ковды. — 2005. — С. 104–105.
95. Хохлова, О. С., Папкина А. Э., Хохлов А. А., Пузанова Т. А., Курбанова Ф. Г. Палеопочвенные исследования курганного могильника Красиковский в Оренбургской области. Археологические памятники Оренбуржья. — Оренбург : ОГПУ, 2019. Вып. 14. Т. 14. — С. 49–59.
96. Чендев, Ю. Г. Естественная и антропогенная эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене // Дис... доктора географических наук. Москва, д-ра геогр. наук: 25.00.23 / Чендев Юрий Георгиевич. — 2005. — 303 с.
97. Чендев, Ю. Г. Естественная эволюция почв Центральной лесостепи в голоцене: Монография. — Белгород : Изд-во Белгород. ун-та, 2004. — 200 с.
98. Чендев, Ю. Г. Природная эволюция лесостепных почв юго-запада Среднерусской возвышенности в голоцене // Почвоведение. 1999. № 5. — С. 549–560.
99. Чендев, Ю. Г. Тренды природной и антропогенной эволюции серых лесостепных почв в позднем голоцене: юг Среднерусской возвышенности // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. — С. 14–19.
100. Чендев, Ю. Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. — М. : ГЕОС, 2008. — 212 с.

101. Чендев, Ю. Г., Александровский А. Л. Почвы и природная среда бассейна реки Воронеж во второй половине голоцена // Почвоведение. 2002. № 4. — С. 389–397.a
102. Чендев, Ю. Г., Ершова Е. Г., Александровский А. Л., Гольева А. А., Хохлова О. С., Пономаренко Е. В., Русаков А. В., Шаповалов А. С. Почвенные и ботанические записи изменения природной среды Ямской степи в голоцене // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 2. — С. 75–89.b
103. Чендев, Ю. Г., Петин А. Н., Березуцкий В. Д., Долгих А. В., Белеванцев В. Г., Дунин Д. И. Голоценовые сигналы гумидизации климата в профилях разновозрастных черноземов центра Восточной Европы // Известия вузов. Северо-Кавказский район. Естественные науки. 2016. № 5. — С. 100–109.c
104. Чернов, Т. И., Железова А. Д., Кутовая О. В., Макеев А. О., Тхакахова А. К., Бгажба Н. А., Курбанова Ф. Г., Русаков А. В., Пузанова Т. А., Хохлова О. С. Сравнительная оценка структуры микробиомов погребенных и современных почв при помощи анализа микробной ДНК. Микробиология. — М. : Изд-во Академиздатцентр «Наука» РАН, 2018. Т. 87. № 6. — С. 737–746. IF–1,973. DOI: [10.1134/S0026365618060071](https://doi.org/10.1134/S0026365618060071)
105. Чичагова, О. А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. — М. : Наука, 1985. — 159 с.
106. Шинкарев, А. А., Корнилова А. Г., Лыгина Т. З., Гиниятуллин К. Г., Гильмутдинов Р. Р. Использование элементного анализа для оценки исходной вертикальной однородности почвообразующей породы // Учен. зап. Казан. ун-та. Т. 152. Кн. 4. Естественные науки. 2010. — С. 78–91.
107. Шоба С.А., Добровольский Г.В., Алябина И.О., Урусевская И.С. и др. Национальный атлас почв Российской Федерации. Астрель: АСТ Москва, 2011. – 632 с
108. Шпуль, В. Г., Нестерова Е. В. Палинологическая характеристика отложений высокой поймы окрестностей с. Костенки бассейна Верхнего Дона // Воронежское краеведение: Опыт и проблемы. Материалы 2 Воронеж. обл. краевед. науч.-практ. конф. Воронеж, 21–22 апреля 1990. — Воронеж, 1991. — С. 134–140.
109. Aseyeva, E. N., Makeev A. O., Rusakov A. V., Sorokina K. I., Kurbanova F. G. The use of geochemical parameters to derive information on paleo-environmental conditions from buried soils of an archaeological site. Proceedings of 17 International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017. Soils, Forest ecosystems. «Alexander Malinov», Sofia, Bulgaria, 2017. Vol. 17. — pp. 671–678. IF–0,211. DOI: [10.5593/sgem2017/32/S13.087](https://doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.087)
110. Aseyeva, E. N., Makeev A. O., Kurbanova F. G., Kust P. G., Rusakov A. V., Khokhlova O. S., Mihailov E. P., Puzanova T. A. Paleolandscape Reconstruction Based on the Study of a Buried

- Soil of the Bronze Age in the Broadleaf Forest Area of the Russian Plain. *Geosciences*. 2019. 9 (3). — pp. 1–27. IF–2,1. DOI: [10.3390/geosciences9030111](https://doi.org/10.3390/geosciences9030111)
111. Barczi, A., Golyeva A. A., Peto A. Palaeoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of palaeosoils and phytolith analysis. *Quat. Int.* 193. 2009. — pp. 49–60.
 112. Barczi, A., Joó K., Petó Á., Bucsi T. Survey of the buried paleosol under the Lyukas mound in Hungary. *Eurasian Journal of Soil Sci.* 2006a. 39. — pp. 133–140.
 113. Barczi, A., Tóth T. M., Csanádi A., Sümegi P., Czinkota I. Reconstruction of the paleo-environment and soil evolution of the Csípo-halom kurgan, Hungary. *Quat. Int.* 156–157. 2006b. — pp. 49–59.
 114. Breuning-Madsen, H., Elberling B., Balstroem T., Holst M., Freudenberg M. A comparison of soil organic carbon stock in ancient and modern land use systems in Denmark. *Eur. J. Soil Sci.* 60, 2009. — pp. 5–63.
 115. Canti, M., Huisman, D.J. Scientific advances in geoarchaeology during the last twenty years // *Journal of Archaeological Science*, 2015. Volume 56. – pp. 96-1082015
 116. Castro S. S., Cooper M., Santos M.C., Vidal-Torrado P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. *Tópico Cienc Solo*. 2003;3:107-63
 117. Chendev, Yu. G., Aleksandrovskiy A. L., Khokhlova O. S., Dergacheva M. I., Petin A. N., Golotvin A. N., Sarapulkin V. A., Zemtsov G. L., Uvarkin S. V. Evolution of forest pedogenesis in the south of the forest-steppe of the Central Russian Upland in the Late Holocene. *Eurasian Soil Sci.* 2017. 50 (1). — pp. 3–16. DOI: [10.7868/S0032180X17010038](https://doi.org/10.7868/S0032180X17010038).
 118. Chernov, T. I., Kurbanova F. G., Kutovaya O. V., Zhelezova A. D. Microbial DNA analyses of soils buried under earthworks. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings, 2018. Vol. 18, N 5.2. — pp. 641–648. IF–0,232. DOI: [10.5593/sgem2018/5.2](https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.2)
 119. Demkin, V. A., Klepikov V. M., Udaltsov S. N., Demkina T. S., Eltsov M. V., Khomutova T. E. New aspects of natural science studies of archaeological burial monuments (kurgans) in the southern Russian steppes. *J. Archaeol. Sci.* 42. 2014. — pp. 241–249. DOI: [10.1016/j.jas.2013.10.031](https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.031)
 120. Dmytruk, Y., Matviyishyna Zh. N, Kushnir A. Evolution of Chernozems in the Complex Section at Storozheve, Ukraine. Dent, D. (Eds.). *Soil as World Heritage*. Springer. 2014. — pp. 91–100.
 121. Khokhlova, O., Morgunova, N., Khokhlov, A., Golyeva, A. Dynamics of paleoenvironments in the cis-ural steppes during the mid- to late holocene // *Quat. Res.* 2018. — pp. 1–18.

122. Eckmeier, E., Gerlach R., Gehrt E., Schmidt M. W. I. Pedogenesis of Chernozems in central Europe – a review. *Geoderma* 139, 2007. — pp. 288–299.
123. Novenko, E. Yu., Tsyganov, A.N., Volkova, E.M., Babeshko, K.V, Lavrentiev, N.V., Paynec, R.J., Mazei, Yu. A. European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil, and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region. *Quat. Res.* 83. — pp. 459–468.
124. FAO Guidelines for soil description. Food and Agriculture organization of the united nations. Fourth ed. 2006. — 109 p. ISBN 978-92-5-105521-1.
125. Fischer-Zujkov, U., Schmidt R., Brande A. Die Schwarzerden Nordostdeutschlands und ihre Stellung in der holozänen Landschaftsentwicklung. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162 (4), 1999. — pp. 443–449.
126. Gerasimenko, N. P. Environmental and climatic changes between 3 and 5 ka BP in southeastern Ukraine // 3rd Millenium BC Clim. Change and Old World Colleapse. — Berlin, 1997. — pp. 372–399.
127. Golyeva, A. A., Khokhlova O. S., Engovatova A. V., Koval V., Anna Aleshinskaya A., Maria Kochanova M., Makeev A. O., Puzanova T. A., Kurbanova F. G. The Application of Buried Soil Properties for Reconstruction of Various Stages of Early Habitation at Archaeological Sites in Moscow Kremlin. *Geosciences*. 2018. 8 (12). — 447 p. IF–2,1. DOI: 10.3390/geosciences8120447
128. Hardy, M., Cornu S. Location of natural trace elements in silty soils using particle size fractionation. *Geoderma* 133 (3–4), 2006. — pp. 295–308.
129. Hejcman, M., Souckova K., Kristuf P., Peska J. What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quat. Int.* 316, 2013. — pp. 179–189.
130. Huang, C. C., Pang J., Su H., Wang L., Zhu Y. The Ustic Isohumisol (Chernozem) distributed over the Chinese Loess Plateau: Modern soil or palaeosol? *Geoderma*, 2009. Volume 150, Issues 3–4 – pp. - 344-358
131. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. An international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports*. 2014. N 106. DOI: 10.1017/S0014479706394902
132. Kabała, Cezary, Przybył Agnieszka, Krupski Mateusz, Łabaz Beata, Waroszewski Jarosław. Origin, age and transformation of Chernozems in northern Central Europe — New data from Neolithic earthen barrows in SW Poland. *Catena*, 180, 2019. — pp. 83–102.

133. Kabata-Pendias, A., Pendias H. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 2001. — 413 p.
134. Kazak E. S., Kazak A. V. Experimental features of cation exchange capacity determination in organic-rich mudstones // Journal of Natural Gas Science and Engineering. Vol. 83. November 2020. 103456. — pp. 1–17. DOI: [10.1016/j.jngse.2020.103456](https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103456)
135. Khokhlova, O., Kuptsova L. Complex pedological analysis of paleosols buried under kurgans as a basis for periodization of the Timber-grave archaeological culture in the Southern Cis-Ural, Russia. Quat. Int. Vol. 502. Part B. 2019. — pp. 181–196. DOI: [10.1016/j.quaint.2018.02.027](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.02.027)
136. Kowalkowski, A. Climatic-time sequence of chernozems in the Khangai Mountains (Mongolia). Roczniki Gleboznawcze–Soil Science Annual, 32 (3), 1981.— pp. 161–170.
137. Kremenetsky, K. V., Patyk-Kara N. G., Goryachkin S. V. The Holocene palynostratigraphy and geochronology of lacustrine-palustrine deposits in the Kola peninsula // Stratigraphy and Geological Correlation. 1998. Vol. 6. N 3. — pp. 293–302.
138. Kurbanova, F. G., Makeev A. O., Puzanova T. A., Kust P. G., Chernov T. I. Soil indicators of Late Holocene forest-steppe landscape evolution on the Russian Plain. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings, Vol. 18, N 3.2. — pp. 487–494. IF–0,232. DOI: [10.5593/sgem2018/3.2](https://doi.org/10.5593/sgem2018/3.2)
139. Makeev, A. O., Aseyeva E. N., Rusakov A. V., Sorokina K. I., Puzanova T. A., Khokhlova O. S., Kust P. G., Kurbanova F. G., Chernov T. I., Kutovaya O. V., Lebedeva M. P., Mihailov E. P. The environment of the Early Iron Age at the southern fringe of the forest zone of the Russian Plain. Quat. Int. Pergamon Press Ltd., United Kingdom, 2018. — pp. 1–20. IF–2,190. DOI: [10.1016/j.quaint.2018.04.002](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.04.002)
140. Makeev, A., Rusakov A., Kurbanova F., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva V., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian Plain. Quat. Int. 2020. — pp. 1–22. IF–2,190. DOI: [10.1016/j.quaint.2020.09.015](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015)
141. Makeev, A., Rusakov A., Khokhlova O., Kust P., Mikhaylova D., Aseyeva E., Kurbanova F., Rusakova E., Mihailov E. Dataset on spatial variability of soil properties: Tokhmevevo archaeological site of the bronze age, chuvashia (southern fringe of the forest zone, the Russian Plain). Data in Brief, 2020. IF–1,5. DOI: [10.1016/j.dib.2020.106489](https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106489)
142. Marlon J. R., Bartlein P. J., Daniau A.-L, Harrison S. P., Maezumi S., Power M. J., Tinner W., Vanni  re, B. Global biomass burning: A synthesis and review of Holocene paleofire records and their controls // Quaternary Science Reviews. 2013. Vol. 65. — pp. 5–25.

143. Marsan, F. A., Bain D. C., Duthie D. M. L. Parent material uniformity and degree of weathering in a soil chronosequence, northwestern Italy. *Catena*, 15(6), 1988. — pp. 507–517 DOI: 10.1016/0341-8162(88)90002-1
144. Mehra, O. P., Jackson M. L., Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals* 7, 1960. — pp. 317–327.
145. Miedema, R., Koulechova I. N., Gerasimova M. I. Soil formation in Greyzems in Moscow district: micromorphology, chemistry, clay mineralogy, and particle size distribution. *Catena*, 34 (3), 1999. — pp. 315–347.
146. Muir, J. W., Logan J. Eluvial/illuvial coefficients of major elements and the corresponding losses and gains in three soil profiles. *J. Soil Sci.* 33, 1982. — pp. 295–308. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1982.tb01767.x
147. Munsell Soil color Charts. Munsell Color, Grand Rapids, MI. 2014.
148. Novenko, E. Yu., Tsyganov A. N., V. Rudenko O. V., Volkova E. V., Zuyganova I. S., Babeshko K. V., Olchev A. V., Losbenev N. I., Payne R. J., Mazei Yu. A. Mid- and late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the forest-steppe ecotone of European Russia: new data and a regional synthesis. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2016. — pp. 2453–2472. DOI: 10.1007/s10531-016-1051-8
149. Novenko, E. Yu., Tsyganov A. N., Mazei N. G., Kupriyanov D. A., Rudenko O. V., Bobrovsky M. V., Erman N. M., Nizovtsev V. A. Palaeoecological evidence for climatic and human impacts on vegetation in the temperate deciduous forest zone of European Russia during the last 4200 years: A case study from the Kaluzhskiye Zaseki Nature Reserve. *Quat. Int.* Vol. 516. 2019. — pp. 58–69. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.06.028
150. Paleopedology Glossary. Paleopedology Commission Newsletter. 1997. URL: <http://paleopedology.msu.ru/nl-14> (дата обращения: 20.09.2020).
151. Panin, A., Fuzeina, Y., Karevskaya, I., Sheremetskaya, E. Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the centre of the Russian Plain. *Geogr. Pol.* 2011 84, 95–115.
152. Peto, A. Burial mound: Detecting ancient surfaces the method of (semi)quantitative phytolith and biomorph analysis. *Archeologia e Calcolatori* 2010, 21. — pp. 315–324.
153. Piperno, D. R. *Phytolith analysis: An Archaeological and Geological Perspective*, USA, 1988. — 280 p.;
154. Piperno, Dolores R. *Phytoliths: a comprehensive guide for archeologists and paleoecologists*. Rowman Altamira, 2006. — 238 p.

155. Prikhodko, V., Puzanova T., Tregub T., Berezutskiy V., Kurbanova F. Complex paleoecological research of buried soils and reconstruction of the bronze age climate in the East European plain and adjacent area // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. — pp. 243–250.
156. Puzanova, T. A., Aseeva E. N., Lebedeva M. P., Kurbanova F. G., Chernov T. I. The methods of research of buried soils under archaeological sites. Proceedings of 18 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018. Soils, Forest ecosystems, Marine and Ocean Ecosystems. «Alexander Malinov», Sofia, Bulgaria, 2018. Vol. 16. — pp. 611–619. IF–0,232. DOI: [10.5593/sgem2018/3.2](https://doi.org/10.5593/sgem2018/3.2)
157. Puzanova, T. A., Makeev A. O., Khokhlova O. S., Aseeva E. N., Kurbanova F. G. Holocene signals of climate dynamics in the profiles of soils buried under archaeological objects in the central part of the East European Plain. Proceedings of 17 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Soils, Forest ecosystems. «Alexander Malinov», Sofia, Bulgaria, 2017. Vol. 17. — pp. 273–281. IF–0,211. DOI: [10.5593/sgem2017/32/S13.036](https://doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.036)
158. Rusakov, A. V., Makeev A. O., Khokhlova O. S., Kust P. G., Lebedeva M. P., Chernov T. I., Gol-yeva A. A., Popov A., Kurbanova F. G., Puzanova T. A. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. Quat. Int. Pergamon Press Ltd., United Kingdom, 2018. — pp. 1–22. IF–2,190. DOI: [10.1016/j.quaint.2018.05.016](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016)
159. Sauer, D., Schüllli-Maurer I., Sperstad R., Sørensen R., Stahr K. Albeluvisol development with time in loamy marine sediments of S-Norway. Quat. Int. 209 (1–2), 2009. — pp. 31–43. DOI: [10.1088/1755-1315/25/1/012009](https://doi.org/10.1088/1755-1315/25/1/012009)
160. Schaetzl, R. J., Anderson S. Soils. Genesis and geomorphology. Cambridge university press. 2005. — 817 p. ISBN-13: 978-0521812016.
161. Schalich, J. Boden- und Landschaftsgeschichte. Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler, 1988. Vol. 8. — pp. 17–29.
162. Schwertmann, U. Occurrence and Formation of Iron Oxides in Various Pedoenvironments. In: In: Stucki J.W., Goodman B.A., Schwertmann U. (Eds.). Iron in Soils and Clay Minerals. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences). Vol. 217. Springer, Dordrecht, 1988. — pp. 267–308.
163. Sedov S.N., Zazovskaya E.P., Bronnikova M.A., Kazdym A.A., Rozov S. Yu. Late holocene man-induced environmental change in central Russian plain: paleopedological evidences from early-medieval archaeological site. Chinese Science Bulletin, Vol.44, 1999, pp. 159-165

164. Sernander, R. Die schwedischen Torfmoore als Zeugen postglazialer Klimaschwankungen. Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der Letzten Eiszeit, Stockholm, 1910.
165. Sheldon, N. D., Tabor N. J. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols'. *Earth-Science Reviews*. Vol. 95, N 1-2. 2009. — pp. 1–52. DOI: 10.1016/j.earscirev.2009.03.004
166. Silva M.L., Batezelli A., Ladeira F.S.B. Micromorphology of paleosols of the Marília Formation and their significance in the paleoenvironmental evolution for the Bauru Basin, Upper Cretaceous, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 41, 2016. — pp. 1-20 DOI: 10.1590/18069657rbcS20160287
167. Stoops, G. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin, 2003.
168. Sycheva, S. A. Long-term pedolithogenic rhythms in the Holocene // *Quat. Int.* Vol. 152–153, 2006. — pp. 181–191.
169. Sycheva, S. A., Khokhlova O. S. Genesis, ^{14}C age, and duration of development of the Bryansk paleosol on the Central Russian Upland based on dating of different materials. *Quat. Int.* 399, 2016. — pp. 111–121. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.08.055
170. Stiles C. A., Mora C. I., Driese S. G. Pedogenic iron-manganese nodules in Vertisols: A new proxy for paleoprecipitation? *Geological Society of America. Geology*, 2001, v. 29; no. 10; pp. 943–946;
171. Terhorst, B., Sedov S., Sprafke T., Peticzka R., Meyer-Heintze S., Kühn P., Solleiro Rebolledo E., Austrian MIS 3/2 loess-palaeosol records—Key sites along a west-east transect. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015. Volume 418, – pp. 43-56
172. Tregub, A. I. The lithology of the latest deposits in the connection with the stages of the relief development of the territory of the Voronezh anteklise. *Vestnik VGU. Seria: Geology* N 1, 2014. — pp. 42–46.
173. Van Geel, B., Bokovenko N. A., Burova N. D., Chugunov K. V., Dergachev V. A., Dirksen V. G., Kulkova M., Nagler A., Parzinger H., Van der Plicht J., Vasiliev S. S., Zaitseva G. I. Climate change and the expansion of the Scythian culture after 850 BC: a hypothesis. *Journal of Archaeological Science* 31, 2004. — pp. 1735–1742.
174. Van Geel, B., Renssen H. Abrupt Climate Change around 2,650 BP in North-West Europe: Evidence for Climatic Teleconnections and a Tentative Explanation. In: Issar A.S., Brown N. (Eds.) *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*. Water Science and Technology Library, Vol. 31. Springer, Dordrecht, 1998. — pp. 21–41. DOI: 10.1007/978-94-017-3659-6_2

175. Van Vliet-Lanoe. The genesis and age of the argillic horizon in Weichselian loess in northwestern Europe. *Quat. Int.* 5, 1990. — pp. 49–56.
176. Van-Vliet Lanoe, B., Fox, C.A., Gubin, S.V., 2004. Micromorphology of Cryosols. In: Kimble, J.M. (Ed.). *Cryosols*. Heidelberg, pp. 365–390.
177. Vysloužilová B., Ertlen D., Schwartz D., Šefrna L. Chernozem. From concept to classification: a review. *AUC Geographica* 51, 2016. — pp. 85–95.
178. Vysloužilová, B., Danková L., Ertlen D., Novák J., Schwartz D., Šefrna L., Delhon C., Berger J. F., 2014a.
179. Vysloužilová, B., Ertlen D., Šefrna L., Novák T., Virágh K., Rué M., Campaner A., Dreslerová D., Schwartz D. Investigation of vegetation history of buried chernozem soil using near-infrared spectroscopy (NIRS). *Quat. Int.* 365, 2014b. — pp. 203–211.
180. Williams, J. W., Shuman B., Bartlein P. J. Rapid responses of the prairie–forest ecotone to early Holocene aridity in mid-continental North America. *Glob. Planet.Chang.* 66, 2009. — pp. 195–207. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2008.10.012
181. Zhang, W.; Lu, H.; Li, C.; Dodson, J.; Meng, X. Pollen preservation and its potential influence on paleoenvironmental reconstruction in Chinese loess deposits. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2017, 240, 1–10.
182. <http://agrohimija24.ru/>
183. <http://analizvod.ru/>
184. http://www.igem.ru/lab_analiz/metody/metod_rfa.htm
185. <https://en.tut tiempo.net>

ПРИЛОЖЕНИЕ

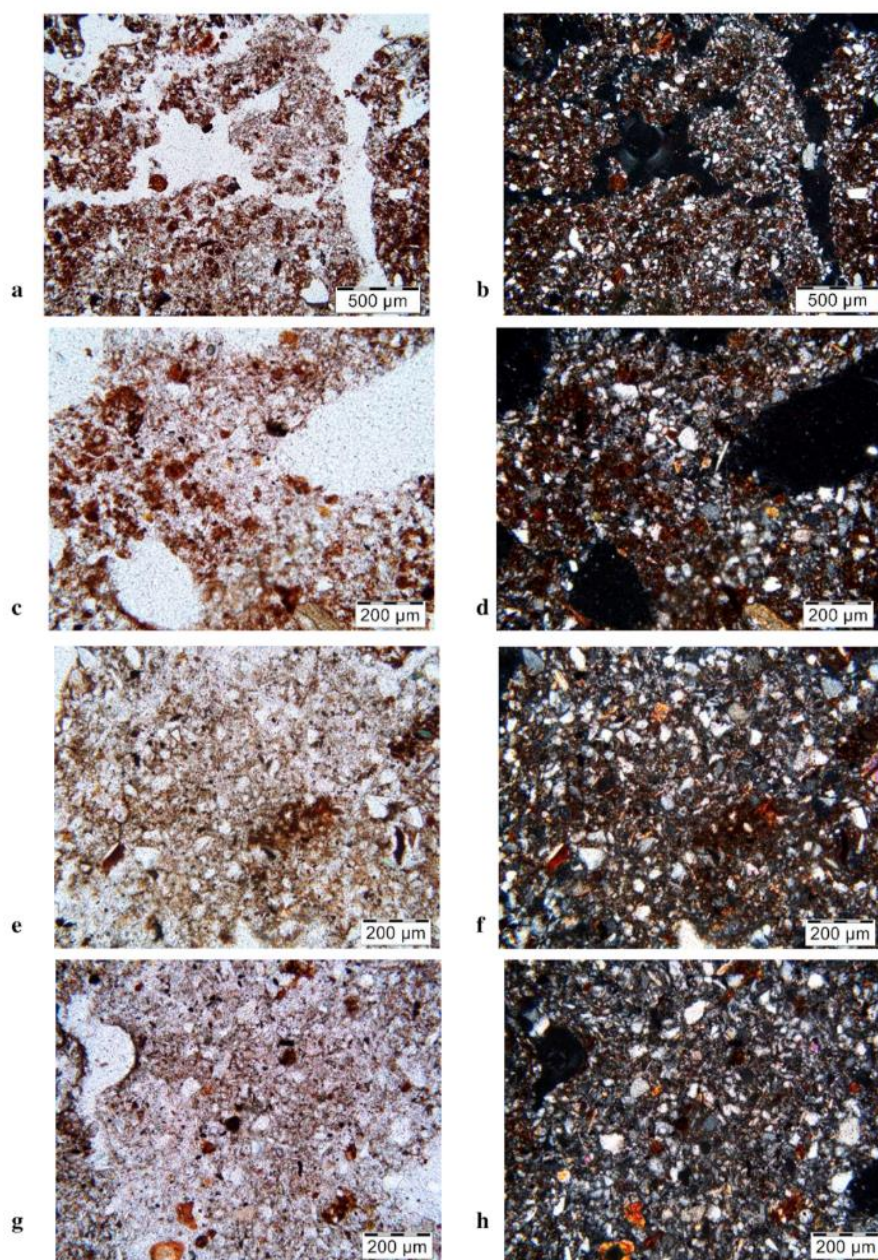


Рисунок 1. Сравнение основной массы грунтовых кирпичей и горизонта E погребенной и фоновых почв. Слева - НИ, справа - NX. Отбеленная основная масса внутренней части грунтового кирпича (a, b, c, d); Горизонт погребенной почвы АЕb (e, f); E горизонт фоновой почвы (g, h).

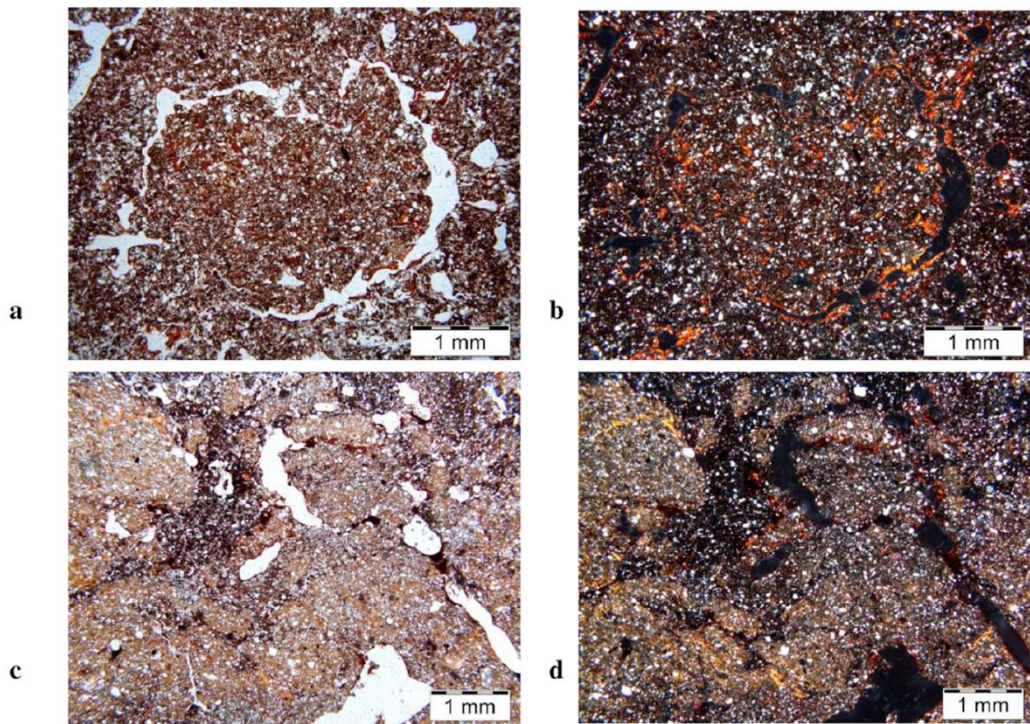
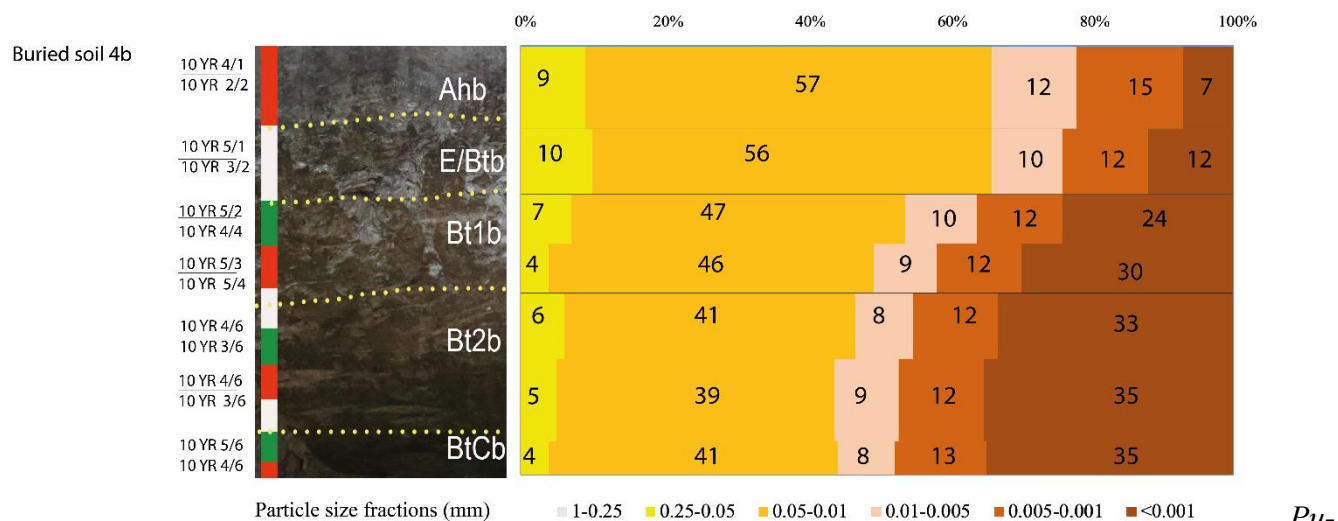


Рисунок 2. Микростроение земляной насыпи. В покровном слое почвенных блоков видны нарушенные глинистые кутаны (а, б); желтый слой, разделяющий земляной вал и погребенную почву (см. Рисунок 4.3d), отображает черты, аналогичные срединным горизонтам погребенной почвы, NII (с), NX (d).



Рисунок 3. Строение кургана 4 и погребенной почвы 4b (а); профиль погребенной почвы в центральной части кургана (b); черные гумусовые лаки в горизонте BTC погребенной почвы (с); темноцветный гумусовый горизонт исчезает на периферии кургана (d).



сунк 4. Морфологическое строение и гранулометрический состав профилей погребенной почвы кургана 4b Тохмеевского курганного могильника.

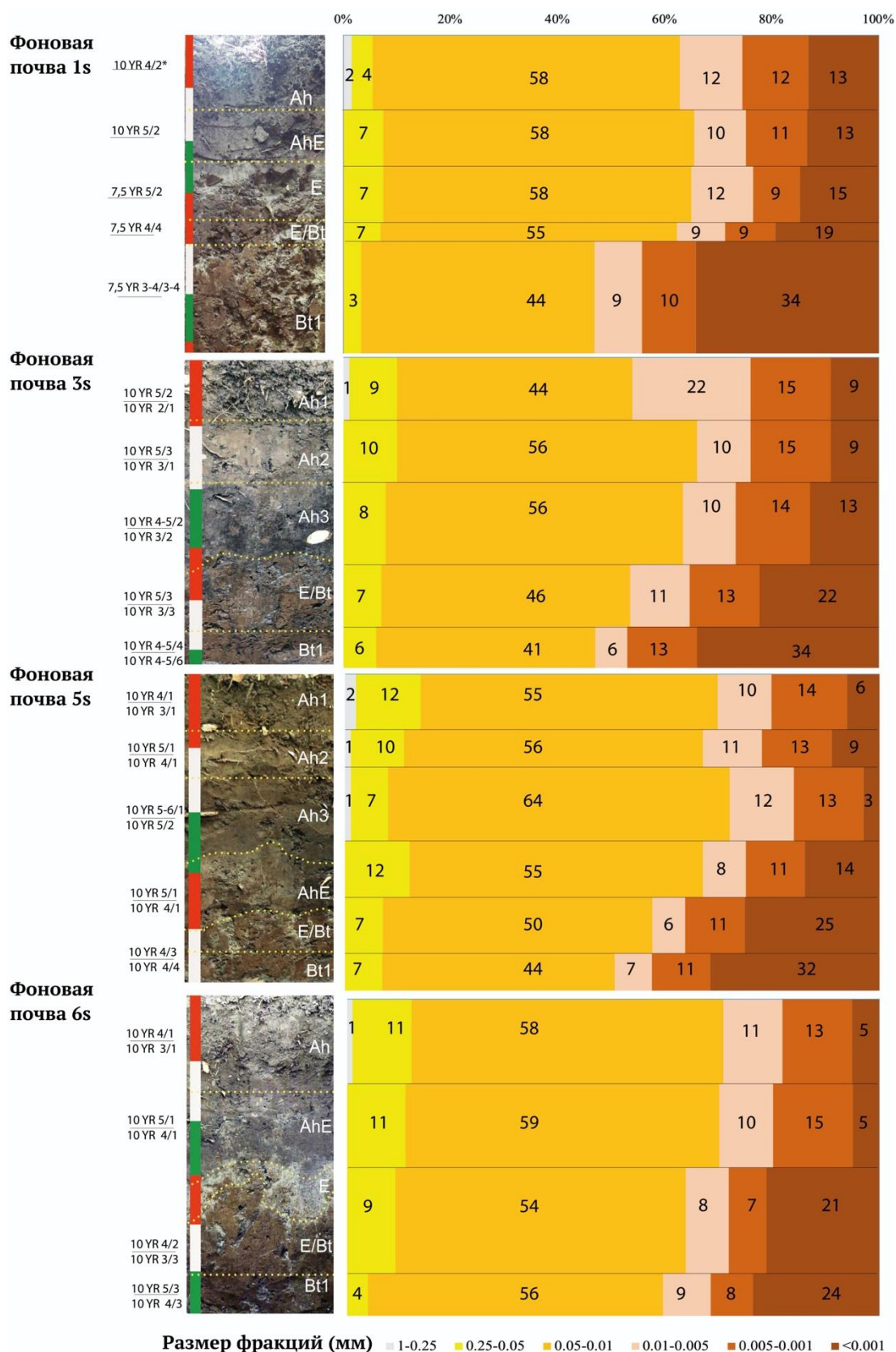


Рисунок 5. Морфологическое строение и гранулометрический состав профилей поверхностных почв Тохмеевского курганного могильника (разрезы 1s, 3s, 5s and 6s). *Цвета согласно Munsell Soil Colour Charts (в числителе – сухие образцы, в знаменателе – влажные).

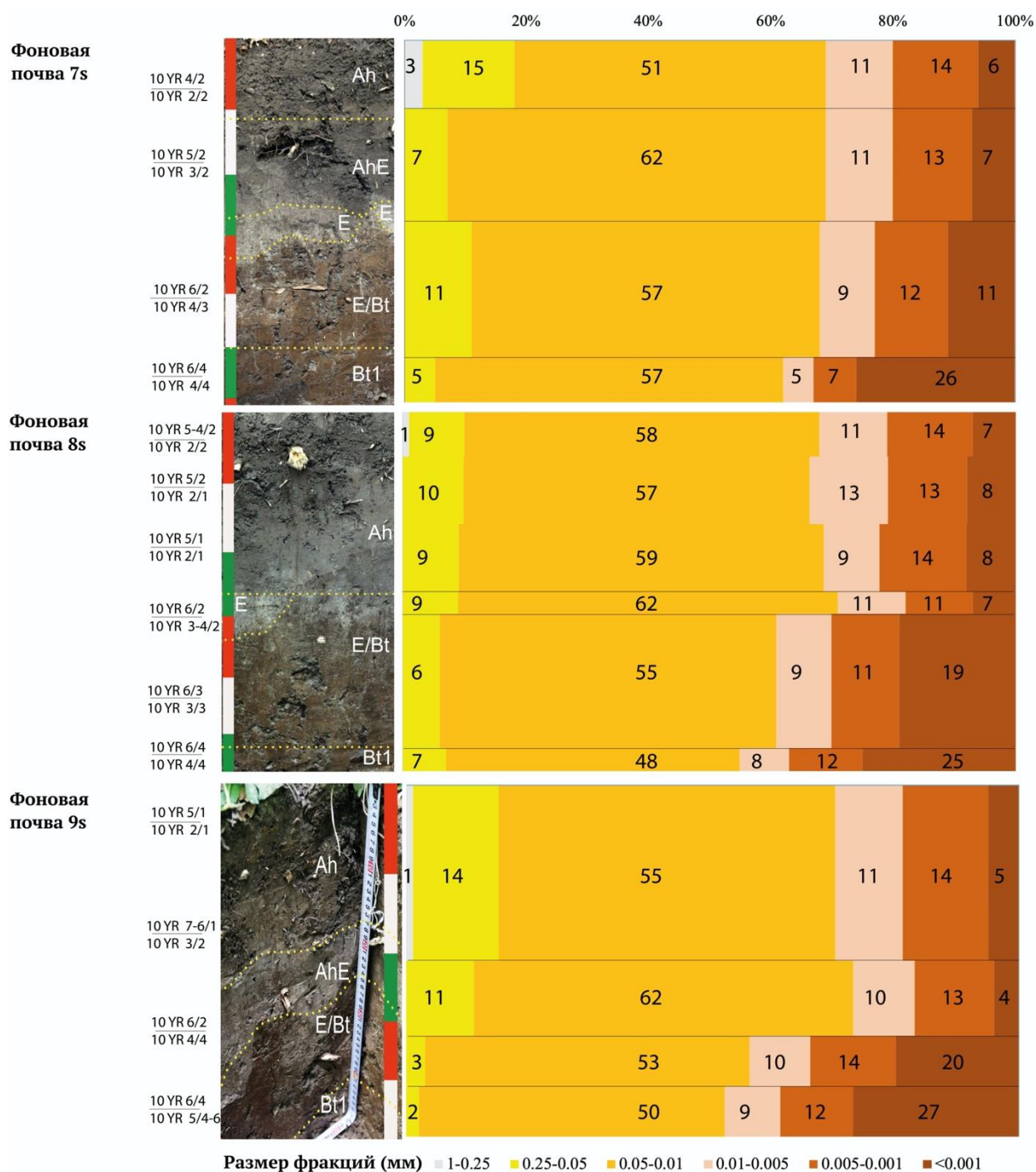


Рисунок 6. Морфологическое строение и гранулометрический состав профилей поверхностных почв Тохмеевского курганного могильника (разрезы 7s, 8s and 9s). *Цвета согласно Munsell Soil Colour Charts (в числителе – сухие образцы, в знаменателе – влажные).

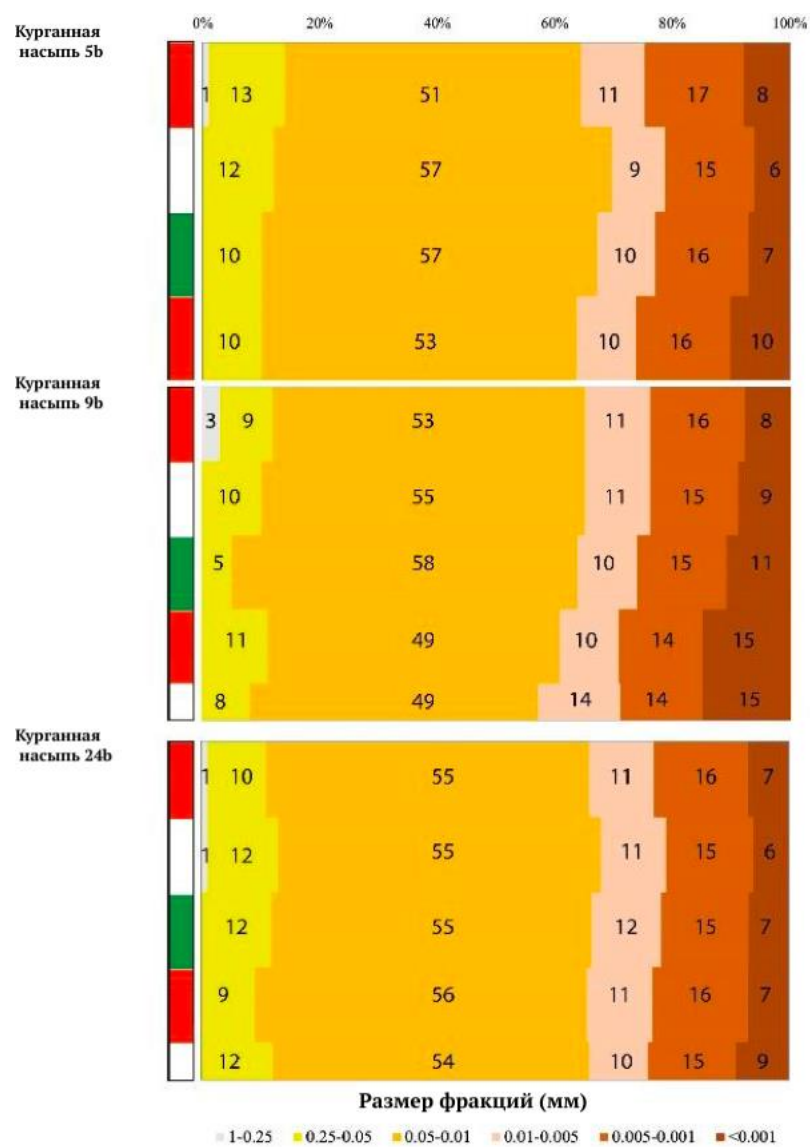


Рисунок 7. Гранулометрический состав почв на насыпях Тохмеевского курганного могильника

Таблица 2.1 – Значения pH поверхностных, погребенных почв, а также насыпей Тохмеевского курганного могильника

Почвы курганов						Поверхностные почвы					
№*		Гори-зонт	Глубина, см	pH _{H2O}	pH _{KCl}	№	Гори-озонт	Глубина, см	pH _{H2O}	pH _{KCl}	
4b	Погребенная почва	Ahb	0-10	6.3	4.6	1s*	Ah	0-7	6.9	-	
		E/Btb	10-20	6.4	4.4			7-14	6.3	-	
		Bt1b	20-35	6.4	4.2		AhE	14-25	6.0	-	
			35-44	6.4	4.2		E	25-35	5.9	-	
		Bt2b	44-60	6.4	4.2		E/Bt	35-40	5.8	-	
			60-80	6.4	4.3		Bt1	40-50	5.9	-	
		BtCb	80-100	6.5	4.5			50-60	5.8	-	
5b	насыпь		+(85-95)	6.3	4.4			Bt2	80-90	5.9	-
			+(75-85)	5.9	4.0		90-100		6.0	-	
			+(65-75)	5.7	4.1		100-110		5.9	-	
			+(55-65)	5.6	4.2		Ah	0-9	6.4	5.2	
			+(40-50)	5.5	3.9	9-19		6.5	4.3		
			+(30-40)	5.3	3.8	19-30		6.5	4.8		
			+(20-30)	5.1	3.7	E/Bt		30-46	6.6	5.0	
			+(10-20)	5.0	3.6	Bt1		46-55	6.7	4.7	
			+(0-10)	5.4	3.7			50-60	6.7	4.5	
	Погребенная почва	Ahb	0-5	5.6	3.8			60-65	6.7	4.5	
		AhEb	5-12	5.6	3.8	Bt2	80-90	6.6	4.4		
		E/Btb	12-25	5.8	3.8		90-100	6.6	4.4		
		Bt1b	25-35	5.8	3.8		100-105	6.7	4.4		
			35-50	5.9	3.8	Ah	0-10	6.6	6.0		
			50-60	6.0	4.3		AhE	10-20	6.5	5.3	
		60-70	6.2	4.5	E/Bt		20-30	6.3	4.7		
		Bt2b	70-90	6.4			4.4	30-40	6.2	4.5	
			90-110	6.4			5.7	45-50	6.2	4.4	
8b	насыпь		+(100-120)	5.7	-		4s	Bt1	50-60	6.2	4.4
			+(75-100)	4.9	-				60-70	6.2	4.3
			+(67-75)	5.0	-	70-80			6.3	4.3	
			+(5-12)	4.9	-	Bt2		85-90	6.3	4.3	
			+(0-5)	4.9	-			90-100	6.3	4.4	
			Натоптыш**	5.0	-			100-105	6.4	4.4	
	Погребенная почва	Ahb	0-10	5.1	-	5s	Ah	0-7	6.3	5.8	
		AEb	15-25	4.8	-			7-16	6.5	4.6	
		E/Btb	25-30	5.0	-			16-30	6.6	4.9	
		Bt1b	30-40	5.4	-		AhE	30-43	6.6	5.0	
			40-50	5.5	-		E/Bt	43-50	6.5	4.6	
		Bt2b	50-60	5.3	-		50-60	6.6	4.3		
			60-70	5.7	-		Bt1	60-70	6.5	4.3	
			70-80	5.5	-			70-80	6.5	4.2	
			80-90	5.8	-		Bt2	80-90	6.5	4.4	
	2Ahb	90-100	6.2	-	90-100			6.6	4.3		
9b	Погребенная почва		+(100-110)	6.0	4.6	6s		Ah	0-15	5.7	4.2
			+(90-100)	6.1	3.9		AhE		15-36	5.7	4.1
			+(80-90)	6.1	3.9		E/Bt		36-50	5.5	3.7
			+(70-80)	6.1	3.7	Bt1	50-60	5.5	3.7		
			+(65-70)	5.7	3.7		60-70	5.6	3.8		
			+(60-65)	5.9	3.9						
			+(50-60)	5.9	3.8						

			+ (40-50)	5.9	3.8			70-80	5.7	3.8	
			+ (30-40)	6.0	3.7			80-90	5.6	4.0	
			+ (20-30)	5.8	3.9			90-100	5.7	3.9	
			+ (10-20)	5.6	3.8			100-105	5.6	3.9	
			+ (0-10)	5.7	3.7						
		Натоптыш		5.8	3.8	7s	Ah	0-12	6.1	5.3	
	Погребенная почва		0-10	5.9	3.8		AhE	12-32	6.4	4.4	
			10-20	5.8	3.8		E/Bt	32-50	6.6	4.3	
			20-30	5.9	3.7		Bt1	50-60	6.6	4.0	
			35-40	6.0	3.9			60-70	6.6	4.0	
			40-50	6.2	3.9			75-80	6.6	4.0	
			50-60	6.3	3.9	80-90		6.5	4.0		
			60-70	6.3	4.1	90-100		6.8	4.0		
			70-85	6.3	3.9	100-105		6.7	4.0		
	24b	насыпь		+ (95-105)	6.0	5.5	8s	Ah	0-8	6.3	5.7
				+ (85-95)	6.1	5.1			8-17	6.3	4.6
				+ (75-85)	6.2	4.4			17-26	6.5	4.7
				+ (65-75)	6.2	4.3		E	26-33	6.5	4.3
				+ (60-65)	6.3	4.1		E/Bt	33-50	6.6	4.3
				+ (55-60)	6.3	4.1		Bt1	50-60	6.6	3.9
+ (45-55)				6.0	3.7	60-70			6.0	3.9	
+ (35-45)				5.8	3.6	70-80			6.2	3.8	
+ (15-25)				5.9	3.7	80-90			6.1	3.9	
+ (5-15)				6.1	3.7	Bt2		90-100	5.8	3.8	
+ (0-5)		5.7	3.8	100-105	5.9		3.9				
Погребенная почва			0-5	5.5	4.0	9s	Ah	0-10	6.2	5.4	
			5-15	5.6	4.1		AhE	15-25	6.4	4.7	
			15-25	5.6	3.8		E/Bt	25-40	6.5	4.4	
			25-35	5.7	3.9		Bt1	40-50	6.4	4.5	
			35-45	5.9	3.9						
			45-50	6.0	3.9						
			50-55	6.0	4.0						
			55-65	6.1	4.0						
			65-75	6.1	4.1						
	75-85		6.0	4.3							
	85-95		6.2	4.4							
	95-105		6.2	4.5							

*Номера разрезов и буровых скважин; ** натоптыш – тонкий желтый прослой из материала горизонта Bt3, сформирован при загрязнении поверхности погребенной почвы в процессе обустройства погребальной камеры

Таблица 3.1 Полевое описание почв Сареевского городища «Ножа-Вар»*

Горизонт	Глубина, см	Цвет (во влажном состоянии)	Кутаны	Цвет кутан (во влажном состоянии)	Пятнистость	Fe-Mn конкреции	Структура (во влажном состоянии)	Карбонатная реакция	Количество корней	Переход к следующему горизонту		Консистенция во влажном состоянии	Пористость
										Характер границы	Переход		
Фоновая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic													
Ah	0–10	7.5YR 3/2	–	–	–	–	WEFIGR	N	Много	Wavy	Abrupt	FR to FI	Высокая
AE	10–17	7.5 YR 5/2	–	–	–	–	WEFIGR + VFPL	N	Много	Wavy	Abrupt	FR to FI	Высокая
E	17–31	7.5 YR 6/2; У нижней границы - 7.5 YR 7/2	–	–	–	Fine-F	WEFFPL	N	Много	Wavy	Abrupt	FR to FI	Высокая
E/Bt	31–50	7.5 YR 5/3	Thin-C	7.5 YR 2.5/3	Common 7.5 YR 7/2	–	WEFCAB	N	Много	Wavy	Abrupt	FR to FI	Пористый
Bt1	50–77	7.5 YR 4/3	Medium-C	7.5 YR 3/2	–	–	WMMEPR + PL	N	Распространены	smooth	Gradual	FR to FI	Пористый
Bt2	77–120	7.5 YR 4/4	Thin-C	7.5 YR 3/4	–	–	WMPR→AB,PL	N	Немного	Wavy	Abrupt	FR to FI	Пористый
BtC	120–140	7.5 YR 4/4-3/4	Thin-F	7.5 YR 5/6	Few 7.5 YR 5/6	–	MS CO PR	+	Немного	smooth	Abrupt	FI	Пористый
2Ahkb	140–180	7.5 YR 6/6	Thin-F		Few 7.5 YR 5/6	Fine-F	WE ME PR	+	Немного	–	–	FR to FI	Пористый
Погребённая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric													
Ahkb	0–5		–	–	-	Fine-F	WEFIGR	N	Common	smooth	Gradual	FR	Пористый
AEkb	5–8	7.5 YR 7/2	–	–	Common 10 YR 7/2	Fine-F	WEFIGR + VFPL	N	Common	Irregular	Abrupt	FR to FI	Пористый
Ekb	8–20		–	–	–	Fine-F	WEVFPL	N	Few	Irregular	Abrupt	FR to FI	Пористый
E/Btkb	20–29	7.5 YR 4/4	Thin-F		Few 7.5 YR 3/1	–	–	N	Few	Wavy	Abrupt	FR to FI	Пористый
B1tkb	29–60	7.5 YR 4/4	Thin-F	7.5 YR 3/4	–	Fine-F	WMFCAB	N	Few	smooth	Gradual	FRtoFI	Пористый
B2tkb	60–104	7.5 YR 4/4, 4/1	Thin-F	7.5 YR 4/3	–	Fine-F	WMMEPR→PL	N	Few	Wavy	Abrupt	FI	Пористый
BCtkb	104–140	7.5 YR 5/6	Thin-F	7.5 YR 4/4, 3/4	–	–	–	+	Few	Wavy	Abrupt	FI	Пористый
2Ahkb	140–180	7.5 YR 6/4	Thin-F	7.5 YR 4/2, 4/4	–	Fine-F	MS CO PR	+	Few	–	–	FI	Пористый

*Индексы основаны на руководстве FAO для описаний почв (2006). Пятнистость: “обилие-размер пятен” – V – Очень мало, F – мало. Фрагменты пород: Обилие: N – нет, V – очень мало (0-2%), F – мало (2-5%), C – Средне (5-15%); Размер: F – мелкий гравий (2-6 mm), M – средний гравий (6-20 mm). Структура: Градация: WE – слабая, MO – средняя; Тип: AB – ореховатая, GR – зернистая, SB – комковатая, AS – ореховато-комковатая, LU – среднеглыбистая. Карбонатная реакция: N – не вскипает, SL – слабое вскипание, EX – сильное вскипание. Fe-Mn конкреции: “обилие-размер”; размер: F - небольшой <3mm; обилие: F-мало, C-средне. Граница перехода: Форма: S – ровная, W – волнистая, I – неровная; Переход: A – резкий, C – ясный, G – постепенный; Консистенция почвы во влажном состоянии: LO-несвязная, VFR-очень рассыпчатая, FR-Рассыпчатая, FI-твердая

Таблица 3.2

Общие концентрации основных оксидов (%) и микроэлементов (ppm) в профилях погребенных и фоновых почв Сареевского городского округа «Ножа-Вар»

Горизонт	Глубина	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	LOI	Ba	Sr	Cr	V	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Zr	Y	Nb
Погребённая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric																								
Ahkb	0-5	75,1	8,3	2,6	2,9	0,8	2,2	1,2	0,78	0,13	0,60	5,1	546	170	117	85	25	28	76	13	73	564	19	20
AEkb	[5-10]	74,1	7,9	2,5	3,9	0,7	2,1	1,2	0,77	0,13	0,70	5,5	390	285	223	85	60	24	50	18	50	186	14	<10
Ekb	[10-20]	80,7	8,2	2,4	1,1	0,7	2,3	1,4	0,83	0,08	0,13	2,0	509	139	131	88	18	12	44	15	71	682	22	23
E/Btkb	[20-30]	78,0	9,6	3,2	1,0	0,9	2,4	1,3	0,80	0,08	0,12	2,4	482	136	130	104	28	17	52	17	73	619	25	20
B1tkb	[30-40]	73,6	11,5	4,5	1,1	1,3	2,5	1,1	0,76	0,08	0,14	3,3	544	132	152	119	45	22	67	19	79	520	23	16
B2tkb	[40-50]	71,8	12,1	5,1	1,1	1,4	2,5	1,0	0,77	0,06	0,14	3,8	454	127	162	124	46	28	75	20	82	488	27	15
BCtkb	[50-60]	71,4	12,1	5,2	1,1	1,5	2,5	1,1	0,78	0,08	0,13	3,8	423	126	163	127	52	28	72	21	82	484	34	14
B2tkb	[60-70]	72,2	11,8	5,1	1,1	1,4	2,4	1,0	0,81	0,10	0,12	3,6	480	128	155	135	50	27	70	22	80	534	34	15
B2tkb	[70-80]	73,0	11,7	4,8	1,1	1,3	2,3	1,0	0,78	0,14	0,11	3,6	481	125	153	129	48	29	69	14	79	531	33	15
B2tkb	[80-90]	73,8	11,3	4,6	1,1	1,3	2,3	1,1	0,79	0,08	0,11	3,3	491	127	151	123	41	26	65	17	77	580	35	15
B2tkb	[90-100]	73,7	11,4	4,8	1,0	1,2	2,3	1,0	0,81	0,05	0,12	3,4	451	126	169	122	40	26	69	18	78	580	34	16
BCtkb	[100-120]	72,5	11,3	5,4	1,2	1,3	2,4	1,0	0,83	0,06	0,12	3,6	474	125	152	133	53	29	72	16	79	544	40	14
BCtkb	[120-140]	69,7	11,4	4,6	3,0	1,6	2,4	1,1	0,78	0,06	0,11	5,0	432	146	148	122	54	28	68	21	76	476	29	15
2Ahkb	[140-160]	69,5	11,0	4,5	3,4	1,5	2,4	1,1	0,79	0,06	0,11	5,4	443	152	149	116	44	24	65	20	76	491	27	15
2Ahkb	[160-180]	69,3	11,3	4,5	3,4	1,4	2,3	1,0	0,81	0,06	0,10	5,5	460	146	139	127	43	26	67	17	78	435	30	16
Фоновая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic																								
Ah	[0-10]	77,8	8,1	2,3	1,1	0,6	2,2	1,4	0,73	0,12	0,11	5,3	502	134	106	80	17	11	52	12	69	589	18	20
AE	[10-20]	80,0	8,2	2,3	1,0	0,6	2,2	1,4	0,78	0,11	0,08	3,2	508	135	111	77	15	11	49	15	68	640	19	22
E	[20-30]	81,1	8,2	2,2	0,9	0,6	2,3	1,5	0,79	0,08	0,06	2,1	519	138	111	86	17	10	42	11	68	678	19	23
E/Bt	[30-40]	77,9	9,6	3,2	1,0	0,9	2,4	1,3	0,81	0,06	0,07	2,7	513	134	139	97	24	18	53	13	75	623	24	21
E/Bt	[40-50]	75,3	10,5	4,0	1,0	1,0	2,5	1,2	0,81	0,06	0,10	3,3	473	128	121	111	35	20	57	17	78	573	29	17
Bt1	[50-60]	73,4	11,2	4,6	1,1	1,2	2,5	1,2	0,80	0,06	0,10	3,7	492	126	140	121	32	23	65	16	81	535	27	17
Bt1	[60-70]	73,1	11,5	4,7	1,0	1,3	2,4	1,1	0,78	0,05	0,10	3,7	470	125	142	119	37	24	70	18	81	537	25	17
Bt1	[70-80]	72,0	11,9	5,1	1,0	1,3	2,4	1,1	0,78	0,05	0,11	3,9	430	122	172	118	41	29	71	18	81	515	31	15
Bt2	[80-90]	72,3	12,0	4,9	1,0	1,3	2,4	1,1	0,76	0,06	0,12	3,8	463	121	154	127	48	32	70	18	80	510	32	16
Bt2	[90-100]	74,2	10,7	4,6	1,2	1,2	2,4	1,0	0,76	0,05	0,11	3,6	449	125	157	132	43	30	71	17	80	515	31	16
Bt2	[100-120]	73,3	11,6	4,7	1,0	1,3	2,4	1,2	0,79	0,06	0,11	3,3	469	128	147	110	43	25	66	20	80	543	34	16
BtC	[120-140]	67,6	10,9	4,2	7,8	1,1	2,4	0,9	0,81	0,14	0,44	3,4	545	201	90	95	40	38	79	22	92	388	38	15
2Ahkb	[140-160]	72,4	11,7	4,7	0,9	1,2	2,4	0,8	0,83	0,08	0,12	4,9	464	101	112	113	33	27	80	20	90	521	35	19
2Ahkb	[160-180]	69,8	10,4	4,2	4,0	1,6	2,1	1,0	0,73	0,07	0,11	5,7	426	138	124	108	42	24	58	20	72	471	30	14

Таблица 3.3 Фракции железа в погребенных и фоновых почвах Сареевского городища «Ножа-Вар»

Горизонт	Глубина, см	Fed	Feo	Alo	Fec	Fes	Индексы выветривания		
							Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet*
Фоновая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic									
Ah	0-10	0.93	0.24	0.1	0.69	1.37	0.26	0.68	0.4
AE	10-17	0.81	0.24	0.06	0.57	1.44	0.3	0.56	0.36
E	17-31	0.87	0.14	0.09	0.73	1.32	0.16	0.66	0.4
E/Bt	31-40	1.29	0.12	0.1	1.17	1.92	0.09	0.67	0.4
Bt1	50-60	1.67	0.15	0.21	1.52	2.9	0.09	0.58	0.37
Bt2	77-90	1.63	0.16	0.19	1.47	3.29	0.1	0.5	0.33
BtC	120 - 140	1.67	0.12	0.07	1.55	2.49	0.07	0.67	0.4
2Ahkb	140-160	1.38	0.09	0.12	1.29	3.29	0.07	0.42	0.3
Погребенная почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric									
Ahkb	0-5	1.18	0.16	0.08	1.02	1.45	0.14	0.81	0.45
AEkb	5-8	1.12	0.11	0.08	1.01	1.36	0.1	0.82	0.45
Ekb	8-20	0.91	0.09	0.08	0.82	1.44	0.1	0.63	0.39
E/Btkb	20-29	1.22	0.09	0.11	1.13	1.96	0.07	0.62	0.38
B1tkb	40-50	2.41	0.14	0.19	2.27	2.66	0.06	0.91	0.48
B2tkb	60-70	2.05	0.16	0.15	1.89	3.02	0.08	0.68	0.4
BCtkb	104-120	1.92	0.17	0.14	1.75	3.48	0.09	0.55	0.36
	120-140	1.75	0.12	0.13	1.63	2.88	0.07	0.61	0.38
2Ahkb	160-180	1.48	0.09	0.1	1.39	3.06	0.06	0.48	0.33

*Fet – валовое (общее) содержание железа; Fed – экстрагируемое дитионитом (свободное) железо по Мера-Джексону; Feo – оксалатно-экстрагируемое (активное) железо; Alo – оксалатно-экстрагируемый алюминий; Fes – силикатное железо (Fet-Fed); Fec – кристаллическое железо (Fed – Feo); Feo/Fed – индекс активности железа; Fed/Fes – индекс выветривания

Таблица 3.4 Другие химические показатели фоновых и погребенных почв Сареевского городища «Ножа-Вар»

Горизонт	Глубина, см	pH	Сорг, %	ЕКО экв/100г	мг-Обменная кислотность, мг-экв/100г	CaCO ₃ , %	Плотность, г см ⁻³
Фоновая почва - <i>Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentia, Humic</i>							
Ah	0-10	6.3	2.1	242.6	0	-	2.48
AE	10 -17	5.73	1.47	125.01	0.25	-	2.62
E	17-31	5.93	1.11	104.05	0.15	-	2.67
EBt	31-40	6.32	1.4	194.4	0	-	2.75
	40-50	6.3	1.73		0	-	-
Bt1	50-60	6.12	1.05	331.12	0.15	-	-
	60-70	5.9	0.9		0.45	-	2.76
	70-77	5.69	0.77		0.75	-	-
Bt2	77-90	5.7	0.56	330.69	0.95	-	-
	90-100	5.68	0.65		0.75	-	-
	100-120	5.8	0.56		0.65	-	2.74
BCt	120-140	6.36	0.43	348.38	0	-	2.78
2Ahkb	140-160	8.09	1.17	890.64	-	3.41	-
	160-180	8.12	1.21		-	6	2.7
Погребенная почва - <i>Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric</i>							

Ahkb	0-5	8.53	1.42	857.09	-	1.7	2.37
AEkb	5-8	8.57	1.33	888.13	-	3.3	-
Ekb	8-20	8.61	0.34	240.01	-	0.2	2.59
Ekb/Btkb	20-29	8.65	0.37	247	-	0.09	2.71
B1tkb	29-40	8.5	0.29		-	0.09	-
	40-50	8.57	0.28	478.46	-	0.09	2.75
	50-60	8.32	0.28		-	0.09	-
B2tkb	60-70	8.25	0.25	423.29	-	0.2	-
	70-80	8.28	0.43		-	0.2	-
	80-90	8.22	0.31		-	-	2.72
	90-104	8.22	0.19		-	0.2	-
BCtkb	104-120	8.23	0.37	394.63	-	0.2	2.73
	120-140	8.35	0.43		-	3.98	-
2Ahkb	140-160	8.44	0.62	663.28	-	4.59	2.65
	160-180	8.38	0.59		-	4.59	-

Таблица 3.5 Групповой состав гумуса фоновых и погребенных почв Сареевского городища «Ножа-Вар»

Горизонт	Глубина, см	Групповой состав гумуса, %				C/N
		Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	Сгк/Сфк	Гумины	
<i>Фоновая почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic</i>						
Ah	0-10	0.22	0.45	0.5	1.03	14.8
<i>Погребенная почва - Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric</i>						
Ahkb	0-5	0.54	0.25	2.2	0.52	11.3
AEkb	5-8	0.46	0.2	2.3	0.59	13.6

Таблица 3.6 — Полевое описание почв фоновых и погребенных почвах Таушкasinского курганного могильника *

Горизонт	Нижняя граница, см	Цвет (влажный)	Пятни-стость	Фрагменты породы	Fe-Mn конгр.	Структура	Карб. реакция	Обилие корней	Граница		Консистенция почвы во влажном состоянии
									Форма	Переход	
Фоновая почва – Folic Eutric Cambisol											
Ah	7 (10)	10 YR 2/2	–	–	–	MOMEGR	N	Средне	W	C	FR to FI
AhB	26(28)	10 YR 3/3	–	–	–	WMSB+AB	N	Средне	W	C	FR
Bw	42(48)	5YR 4/4	F–A	–	–	WEMEAS	N	Мало	I	C	FR
C1	70	7.5 YR 4/4	V–A	–	–	WEAS+LU	N	Мало	W	G	FR to VFR
C2	102	10 YR 4/3	–	C–M	V–F	WE	N	Мало	W	C	FR to VFR
C3	130	10 YR 4/4	–	V–F	–	WE	N	Мало	A	S	VFR to LO
R	...	10 YR 3/2–4	–	–	–	–	EX	–	–	–	–

Погребенная почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>											
Ahb	9 (14)	7.5 YR 2.5/2	–	F–F	F–F	WE	SL	Мало	W	C	FR to FI
AhBb	18(26)	7.5 YR 2.5/2–3	–	F–F	F–F	WE	N	Мало	W	C	FR to FI
Bwb	31(39)	7.5 YR 3/3	–	F–F	F–F	WE	N	Мало	W	G	FR to FI
BCb	45(50)	10 YR 3/4	–	–	–	WE	N	N	W	G	FR
Cb	100	10 YR 3/4	–	–	C–F	WE	N	N	W	G	VFR
Ckb	135	10 YR 3/6	–	–	–	WE	SL	N	S	A	VFR to LO
R	...		–	–	–	–	EX	–	–	–	–

П р и м е ч а н и е — * Индексы даны в соответствии с Руководством по описанию почв ФАО (2006). **Пятнистость:** «обилие-размер пятен» – V – Очень мало, F – мало. **Фрагменты пород:** Обилие: N – нет, V – очень мало (0–2%), F – мало (2–5%), C – Средне (5–15%); Размер: F – мелкий гравий (2–6 mm), M – средний гравий (6–20 mm). **Структура:** Градация: WE – слабая, MO – средняя; Тип: AB – ореховатая, GR – зернистая, SB – комковатая, AS – ореховато-комковатая, LU – среднеглыбистая. **Карбонатная реакция:** N – не вскипает, SL – слабое вскипание, EX – сильное вскипание. **Fe-Mn конкреции:** «обилие-размер»; размер: F – небольшой < 3mm; обилие: F – мало, C – средне. **Граница перехода:** Форма: S – ровная, W – волнистая, I – неровная; Переход: A – резкий, C – ясный, G – постепенный; **Консистенция почвы во влажном состоянии:** LO – несвязная, VFR – очень рассыпчатая, FR – Рассыпчатая, FI – твёрдая

Таблица 3.7 — Общие химические свойства фоновых и погребенных почв Таушкасинского курганного могильника

Гори- зонт	Глубина, см	pH	Сорг, %	Обменные катионы, смолс kg ⁻¹				ЕКО. смолс kg ⁻¹	Обменная кис- лотность смолс kg ⁻¹		CaCO ₃ , %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺		H ⁺	Al ³⁺	
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>											
Ah	0–10	6.36	4.8	29.4	3.6	0.7	0.02	34	0.01	0.02	–
AhB	10–20	5.95	1.59	18.3	2.6	0.1	0.0	21	0.03	0.20	–
	20–30	5.91	0.81						0.00	0.48	–
Bw	30–40	6.22	0.6	24.1	3.2	0.1	0.1	27	0.01	0.37	–
	40–50	6.31	0.78						0.03	0.25	–
C1	50–60	6.26	1.15	22.6	2.8	0.1	0.0	26	0.01	0.27	–
	60–70	6.41	0.36						0.00	0.18	–
C2	70–80	6.52	0.31	22.4	2.9	0.1	0.1	25	0.01	0.12	0
	80–90	6.66	0.39						0.01	0.12	0
	80–87 морфон*	6.81	2.03	20.6	2.4	0.1	0.1	23	0.00	0.03	0.42
	90–100	6.59	1.2	23.1	2.9	0.1	0.1	26	0.00	0.08	0.02
C3	100–110	6.76	0.26						0.00	0.08	0
	110–120	6.87	0.16	22.2	2.4	0.1	0.1	25	0.00	0.03	0.02
	120–130	7.13	0.1	22.5	2.2	0.1	0.1	25	0.01	0.02	0.02
Погребенная почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>											
Ahb	0–10	8.12	2.52	30.8	4.4	0.3	0.2	36	–		0.15
AhBb	10–20	8.27	1.47	28.2	4.5	0.3	0.2	33	–		0.15
	20–25	8.17	0.44	28.8	4.7	0.3	0.3	34	–		0.15
Bwb	25–30	8.13	0.21						–		0.15
	30–40	8.40	0.16						–		0.15
BCb	40–50	8.32	0	22.8	3.7	0.1	0.2	27	–		0.15
	50–60	8.29	0.28						–		0.15
Cb	60–70	8.50	0.51	27.9	3.6	0.1	0.2	32	–		0.07
	70–80	8.32	0.47						–		0.07
	80–90	8.32	0.08	22.3	3.1	0.1	0.2	26	–		0.07
Ckb	90–100	8.32	0.89						–		0.07
	100–110	8.43	0.3	21.6	2.7	0.1	0.1	24	–		0.07
	110–120	8.51	0.37						–		0.02
	120–130	8.71	0.24	44.7	2.6	0.1	0.1	47	–		0.90

П р и м е ч а н и е — * сильно выветренный фрагмент песчаника, который выглядит как очень тёмное большое пятно на поверхности почвы

Таблица 3.8 — Результаты радиоуглеродного датирования погребенной почвы Таушкасинского курганного могильника

No	Лабораторн. номер	Материал датирования	¹⁴ C dates BP	calBC
1	SPb 2454	Гуминовые кислоты	6124±70 BP	68.2% вероятность (1 сигма) 5207 (34.6%) 5091 calBC 5083 (33.6%) 4988 calBC 95.4% вероятность (2 сигма) 5284 (0.6%) 5274 calBC 5227 (94.8%) 4848 calBC
2	SPb 2455	Гуминовые кислоты	4425±50 BP	68.2% вероятность (1 сигма) 3309 (2.7%) 3298 calBC 3283 (1.7%) 3276 calBC 3265 (7.6%) 3240 calBC 3105 (38.6%) 3000 calBC 2994 (17.6%) 2929с alBC 95.4% вероятность (2 сигма) 3335 (25.8%) 3212 calBC 3191 (94.8%) 3152 calBC 3136 (94.8%) 2917 calBC

Таблица 3.9 — Общее содержание основных элементов в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника, %

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>											
Ah	0–10	65.4	10.3	5.6	1.9	1.7	1.5	1.5	0.6	0.2	0.2
AhB	10–20	68.7	11.4	6.1	2.1	1.5	1.7	1.5	0.7	0.1	0.1
Bw	30–40	67.1	12.7	6.9	2.1	1.5	2.3	1.5	0.6	0.1	0.1
C1	50–60	68.5	12.0	6.2	2.2	1.5	2.2	1.4	0.6	0.1	0.1
C2	70–80	68.7	12.1	6.1	2.3	1.5	2.2	1.5	0.5	0.1	0.1
	80–87 пятно*	69.1	11.5	6.1	2.3	1.6	2.2	1.4	0.5	0.6	0.1
	90–100	68.8	12.0	6.3	2.2	1.6	2.3	1.4	0.6	0.1	0.1
C3	110–120	69.0	11.6	6.2	2.4	1.7	2.2	1.4	0.6	0.1	0.1
	120–130	69.0	11.7	6.4	2.3	1.7	2.3	1.4	0.6	0.1	0.1
Погребенная почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>											
Ahb	0–10	69.0	10.9	5.3	1.9	1.9	1.6	1.7	0.6	0.2	0.1
AhBb	10–20	70.2	11.3	5.4	1.8	1.5	1.7	1.8	0.6	0.1	0.1
Bwb	20–25	68.0	12.2	6.2	1.7	1.5	2.0	1.8	0.6	0.1	0.1
BCb	40–50	70.4	11.3	5.8	2.1	1.5	2.2	1.4	0.5	0.1	0.1
Cb	60–70	68.6	11.8	6.4	2.2	1.7	2.4	1.4	0.6	0.1	0.1
	80–90	70.6	11.2	5.7	2.2	1.5	2.2	1.4	0.5	0.1	0.1
Ckb	100–110	70.3	11.3	5.9	2.3	1.6	2.3	1.4	0.5	0.1	0.1
	120–130	66.9	11.3	6.5	2.2	3.2	2.4	1.4	0.6	0.1	0.1

Пр и м е ч а н и е — * сильно выветренный фрагмент песчаника, который выглядит как очень темное большое пятно на поверхности почвы

Таблица 3.10 — Общее содержание микроэлементов в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника, мг·кг⁻¹

Горизонт	Глубина, см	Ba	Cr	Zr	Sr	V	Ni	Zn	Rb	Cu	Y	Nb
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>												
Ah	0–10	373	879	192	199	156	93	85	49	19	20	11
AhB	10–20	374	956	200	217	171	101	81	46	20	16	10
Bw	30–40	318	723	150	210	166	142	78	40	24	20	10
C1	50–60	294	685	142	218	166	141	74	36	26	16	9
C2	70–80	301	483	124	216	161	137	72	37	28	18	9
	80–87 морфон*	311	438	116	225	140	409	64	35	29	49	8
	90–100	282	571	125	220	152	138	72	36	30	18	9
C3	110–120	293	699	137	227	164	134	74	34	24	16	9
	120–130	286	826	150	224	163	135	74	35	25	17	9
Погребённая почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>												
Ahb	0–10	454	639	230	202	148	87	81	58	26	18	13
AhBb	10–20	427	504	215	186	142	91	71	57	26	23	11
Bwb	20–25	363	518	212	181	155	108	75	55	24	21	11
BCb	40–50	326	603	140	210	164	125	66	38	21	17	9
Cb	60–70	304	938	161	222	169	136	74	35	22	18	9
	80–90	290	660	132	214	165	131	67	36	19	15	9
Ckb	100–110	321	756	134	222	174	132	69	35	21	18	9
	120–130	275	1083	157	236	173	134	71	33	21	19	8

Таблица 3.11 — Соотношения неподвижных элементов в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника

Отношение	Почвообразующая порода, горизонты		Коэффициенты вариации в почвенных профилях, %	
	Горизонт Ckb Погребённая почва	Горизонт C3 Фоновая почва	Погребенная почва (n = 8)*	Фоновая почва (n = 9)
Ti/Zr	46	48	15	11
Zr/Nb	15	16	12	13

Примечание — * n – количество образцов

Таблица 3.12 — Гранулометрический состав (метод Пипетки) в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника

Горизонт	Глубина, см	Распределение частиц по размеру (мм) *						Csi/C	Текстур. классы (Рук., 2006)
		CMS 1–0.25	FS 0.25–0.05	CSi 0.05–0.01	MSi 0.01– 0.005	FSi 0.005– 0.001	C < 0.001		
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>									
Ah	0–10	6	41	15	7	13	17	0.9	L
AhB	10–20	6	51	11	5	11	16	0.7	SL
Bw	30–40	9	56	7	3	10	15	0.4	SCL
C1	50–60	11	63	7	2	4	13	0.5	SL
C2	70–80	13	62	5	2	4	14	0.3	SL
	80–87 mottle**	16	65	4	2	4	9	0.5	LS
	90–100	9	71	3	3	3	11	0.3	LS
C3	100–120	11	71	4	2	4	7	0.6	LS
	120–130	11	69	6	1	3	11	0.5	SL
Погребенная почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>									
Ahb	0–10	20	34	13	7	6	19	0.7	SL
AhBb	10–20	18	34	14	6	7	21	0.7	SCL
Bwb	20–25	16	35	12	5	8	24	0.5	SCL
BCb	40–50	32	42	6	2	6	13	0.4	SL
Cb	60–70	18	59	5	2	5	11	0.5	SL
	80–90	31	49	5	2	3	10	0.4	SL
Ckb	100–110	30	55	3	1	3	8	0.4	LS
	120–130	22	58	3	3	4	10	0.3	LS

П р и м е ч а н и я

*CMS – крупный и средний песок; FS – мелкий песок; CSi – крупная пыль; MSi – средняя пыль; Fsi – мелкая пыль; C – ил; $\frac{C_{Si}}{C}$ – отношение крупной пыли к илу; L – суглинок; SL – опесчаненный суглинок; SCL – опесчаненный тяжелый суглинок; LS – супесь

** сильно выветренный фрагмент песчаника, который выглядит как очень темное большое пятно на поверхности почвы

Таблица 3.13 — Характеристика органического вещества в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника

Фракции гуминовых кислот Сорг, %*					Фракции фульвокислот Сорг, %				Гумины	Сгк/Сфк**
Сорг, %	ГК1	ГК2	ГК3	всего	ФК1а	ФК1	ФК2	ФК3	всего	
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>										
2.78	0.35	0.21	0.12	0.67	0.07	0.17	0.04	0.35	0.63	1.07
Погребенная почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>										
1.46	0.05	0.33	0.15	0.53	0.00	0.02	0.03	0.07	0.11	4.80

П р и м е ч а н и я

*ГК1 – свободные ГК и связанные с полуторными окислами, ГК2 – ГК связанные с кальцием, ГК3 – ГК связанные с полуторными окислами и глинистыми минералами; ФК1а – свободные ФК и связанные с подвижными окислами, ФК1 – ФК связанные с фракцией ГК1, ФК2 – ФК связанные с фракцией ГК2, ФК3 – ФК связанные с фракцией ГК3

**Сгк – углерод гуминовых кислот; Сфк – углерод фульвокислот

Таблица 3.14 — Фракции железа в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника, %

Horizon	Depth. cm	Fed	Feo	Alo	Fec	Fes	Weathering indexes		
							Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet
Фоновая почва – <i>Folic Eutric Cambisol</i>									
Ah	0–10	2.58	0.27	0.07	2.31	2.44	0.10	1.06	0.51
AhB	10–20	2.72	0.2	0.04	2.52	2.79	0.07	0.98	0.49
Bw	30–40	2.42	0.08	0.06	2.34	3.80	0.03	0.64	0.39
C1	50–60	2.31	0.07	0.11	2.24	3.28	0.03	0.70	0.41
C2	70–80	2.1	0.08	0.06	2.02	3.38	0.04	0.62	0.38
	80–87 mottle*	2.26	0.2	0.03	2.06	3.20	0.09	0.71	0.41
	90–100	2.23	0.06	0.05	2.17	3.46	0.03	0.65	0.39
C3	110–120	2.39	0.04	0.05	2.35	3.22	0.02	0.74	0.43
	120–130	2.29	0.04	0.02	2.25	3.46	0.02	0.66	0.40
Погребённая почва – <i>Folic Eutric Cambisol (Protocalcic)</i>									
Ahb	0–10	2.21	0.15	0.05	2.06	2.57	0.07	0.86	0.46
AhBb	10–20	2.12	0.16	0.02	1.96	2.76	0.08	0.77	0.43
Bwb	20–25	1.93	0.13	0.07	1.80	3.61	0.07	0.53	0.35
BCb	40–50	2.07	0.04	0.06	2.03	3.14	0.02	0.66	0.40
Cb	60–70	2.37	0.04	0.06	2.33	3.36	0.02	0.70	0.41
	80–90	1.67	0.03	0.05	1.64	3.47	0.02	0.48	0.33
Ckb	100–110	1.75	0.02	0.04	1.73	3.51	0.01	0.50	0.33
	120–130	1.7	0.02	0.05	1.68	4.17	0.01	0.41	0.29

П р и м е ч а н и я

1. Fet – общее содержание железа; Fed – экстрагируемое дитионитом (свободное) железо; Feo – оксалорастворимое (активное) железо; Fes – силикатное железо (Fet-Fed); Fec – кристаллическое железо (Fed-Feo); Feo/Fed – индекс активности железа; Fed/Fes – индекс выветривания.

2. * сильно выветренный фрагмент песчаника, который выглядит как очень темное большое пятно на поверхности почвы

Таблица 3.15 — Микробиоморфы кремнезема и отдельные группы фитоцитов в фоновых и погребенных почвах Таушкасинского курганного могильника

№	Образец	Глубина, см	Silica microbiomorphs		Группы фитоцитов*							
			Спикулы губок (%)	Фитоциты, кол-во (%)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Фоновая почва	0–2	–	27 (100)	67	8	11	11	3	–	–	–
2		0–2	–	32 (100)	44	15	19	22	–	–	–	–
3	Погребенная почва, северная стена	0–3	3 (2)	174 (98)	50	2	12	24	5	–	7	–
5		3–7	3 (3)	78 (97)	61	8	8	15	8	–	–	–
4	Погребенная почва, западная стена	0–3	–	122 (100)	59	3	10	23	5	–	–	–
6		3–7	–	58 (100)	66	–	10	14	10	–	–	–
7	Материал могильника, северная стена	–	–	114 (100)	45	–	–	32	12	5	5	1
8	Материал могильника, восточная стена	–	–	55 (100)	48	5	16	20	11	–	–	–

Примечание — * 1 – двудольные; 2 – иглы хвойных; 3 – лесные травы; 4 – луговые травы; 5 – степные злаки; 6 – осока; 7 – тростник; 8 – неизвестные формы

Таблица 3.16 — Полевое описание почв фоновых и погребенных почвах Тохмеевского курганного могильника *

Гори-зонт	Глуби-на, см**	Цвет (влажн.)	Кутагны	Цвет кутан (влажн.)	Структура	Обилие корней	Граница Горизонта	
							Форма	Переход
Фоновая почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic)								
Ah	0–14 14 (12–16)	10 YR 4/2	–	–	MO / SB GR	Много	W	C
AhE	14–25 22.3 (19–26)	10 YR 5/2	–	–	WE / SB PL	Средне	W	C
E	25–33 32.5 (27–36)	7/5 YR 5/2	–	–	WE / PL	Средне	I	C
E/Bt	33–48 45.3 (40–50)	7,5 YR 4/4	Medium – C	–	MO / PR AB	Средне	I	C
Bt1	48–80	7,5 YR 3–4/3–4	Medium – C	5YR 4/2	MO / PR+PL	Немного	W	C
Bt2	80–107	7,5 YR 4/4	Thick – A	5 YR 3/3	MO / PR+PL	Немного	W	C
2Ahb1	107–165	10 YR4/4–3	Medium – C	5 YR 4/3	ST / PR	Немного	W	C
2Ahb2	165–210	10 YR 4/6	Medium – C	7,5 YR 4/3	WM / PR	–	–	–
Погребенная почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic)								
Ahb	0–15 14.8 (10–19)	7.5YR 3/1	–	–	MO / AB	Немного	W	C
AhEb	15–24 21.1 (16–26)	10 YR 5/2	–	–	MO / AB	Немного	W	C
E/Btb	24–32 38 (26–51)	7,5 YR 4/6; 7,5 YR 5/1	–	–	WM / AB	Немного	I	C
Btb1	32–50	7.5YR 4/4	Thick – C; Medium – F	5 YR 3/3	MO / PR AB	Единичные	S	Gradual
Btb2	50–90	7.5YR 4/4–1	Thick – A	5 YR 3/2	MO / PR	Единичные	W	C
2Ahb	90–140	7,5 YR 4/4	Thick – A	2,5 YR 2,5/2; 5 YR 3/2	MO / PR AB	Единичные	W	C
2Ahkb	140–170	10 YR 4/6	Thick – C	5 YR 3/3; 2,5 YR 2,5/1	WE / PR	Единичные	–	–

П р и м е ч а н и е — * Индексы даны в соответствии с Руководством по описанию почв ФАО (2006)

Таблица 3.17 — Общее содержание основных элементов в фоновых и погребенных почвах Тохмеевского курганного могильника, %

Горизонт	Depth, cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	ППП	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
Фоновая почва – <i>Glossic, Folic, Albic, Eutric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric</i>													
Ah	0–7	71,59	7,55	2,54	1,39	0,89	2,00	1,13	0,75	0,222	0,17	11,43	9,48
AhE	14–25	77,72	7,92	2,42	0,95	0,88	2,03	1,25	0,77	0,130	0,10	5,53	9,81
E	25–35	78,85	8,08	2,44	0,92	0,92	2,12	1,28	0,79	0,080	0,09	4,15	9,76
E/Bt	30–40	78,89	8,19	2,59	0,90	0,97	2,08	1,28	0,76	0,061	0,08	3,93	9,63
Bt1	50–60	72,72	10,29	4,29	0,91	1,52	2,08	1,10	0,82	0,072	0,09	5,86	7,07
Bt2	90–100	67,82	11,51	5,67	0,99	1,89	2,05	1,01	0,82	0,073	0,10	7,79	5,89
2Ahkb	110–120	68,37	11,44	5,52	1,00	1,84	2,07	1,00	0,83	0,074	0,11	7,46	5,98
	140–150	67,72	11,62	5,75	1,02	1,94	2,10	1,02	0,84	0,083	0,11	7,51	5,83
	190–210	68,57	11,38	5,56	1,04	1,89	2,14	1,04	0,85	0,067	0,12	7,03	6,03
Погребенная почва – <i>Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic</i>													
Ahb	0–10	73,44	8,72	3,36	0,79	1,05	2,03	1,08	0,77	0,099	0,21	8,14	8,42
AEb	15–25	77,83	8,63	2,77	0,81	0,99	2,10	1,28	0,77	0,068	0,08	4,41	9,02
E/Btb	25–30	79,58	8,16	2,48	0,83	0,91	2,06	1,33	0,72	0,062	0,07	3,54	9,75
B1tb	30–40	78,35	8,59	2,81	0,85	1,03	2,08	1,29	0,76	0,070	0,08	3,83	9,12
B2tb	50–60	69,34	11,02	5,24	0,89	1,78	2,02	1,02	0,80	0,074	0,09	7,43	6,29
	70–80	68,28	11,37	5,61	0,96	1,86	2,03	1,02	0,82	0,076	0,09	7,59	6,01
2Ahkb	90–100	67,71	11,51	5,73	1,07	1,94	2,07	1,00	0,83	0,086	0,10	7,67	5,88
	120–130	68,22	11,39	5,58	1,18	2,00	2,09	1,05	0,83	0,089	0,10	7,19	5,99
	140–150	68,12	11,45	5,66	1,21	2,04	2,09	1,06	0,85	0,091	0,11	7,04	5,95
	160–170	66,46	11,07	5,44	2,37	2,22	2,04	0,96	0,82	0,085	0,11	8,15	6,00

Таблица 3.18 — Общее содержание микроэлементов в фоновых и погребенных почвах Тохмеевского курганного могильника, мг·кг⁻¹

Горизонт	Depth, cm	Ba	Sr	Cr	V	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Zr	Y	Th	Nb
Фоновая почва – <i>Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric</i>														
Ah	0–7	587	128	125	84	29	18	79	16	76	554	24	10	21
AhE	14–25	561	132	93	87	25	17	64	11	77	602	21	13	22
E	25–35	560	133	103	82	24	12	50	10	74	617	21	9	23
E/Bt	35–40	507	130	103	77	21	11	46	11	73	624	20	12	22
Bt1	50–60	470	124	141	108	38	17	63	15	75	567	24	13	19
Bt2	90–100	488	122	173	128	50	25	75	19	80	498	29	13	17
2Ahkb	110–120	471	124	156	130	52	24	75	22	80	501	27	13	17
	140–150	453	123	169	123	51	28	78	25	82	496	34	12	17
	190–210	479	125	181	128	52	27	77	23	82	515	34	14	17
Погребенная почва – <i>Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic</i>														
Ahb	0–10	540	118	108	94	33	27	77	17	85	524	28	12	18
AEb	15–25	522	129	99	89	26	11	51	11	72	589	23	10	21
E/Btb	25–30	528	131	89	86	21	< 10	45	13	69	612	19	10	22
B1tb	30–40	545	129	114	84	23	< 10	49	12	71	612	21	7	22
B2tkb	50–60	516	121	155	121	47	23	69	21	78	521	29	10	17
	70–80	485	121	165	136	49	27	74	22	79	497	32	12	16
2Ahkb	90–100	455	123	152	129	56	30	80	25	80	496	36	11	15
	120–130	477	129	157	126	64	28	75	25	81	489	39	13	16
	140–150	495	130	169	126	62	27	76	23	83	480	39	11	16
	160–170	485	131	173	124	57	28	77	19	79	480	34	10	15

Таблица 3.19 — Фракции железа в фоновых и погребенных почвах Тохмеевского курганного могильника, %

Горизонт	Depth, cm	Fed	Feo	Fec	Fes	Weathering indexes		
						Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet
Фоновая почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric								
Ah	0–7	1,03	0,41	0,62	1,51	0,40	0,68	0,40
AhE	14–25	0,97	0,3	0,67	1,45	0,31	0,67	0,48
E	25–35	0,97	0,21	0,76	1,47	0,22	0,66	0,51
E/Bt	35–40	1,34	0,2	1,14	1,25	0,15	1,07	0,55
Bt1	50–60	1,57	0,17	1,4	2,72	0,11	0,58	0,33
Bt2	90–100	1,56	0,17	1,39	4,11	0,11	0,38	0,34
2Ahkb	110–120	1,67	0,18	1,49	3,85	0,11	0,43	0,32
	140–150	1,82	0,2	1,62	3,93	0,11	0,46	0,32
	190–210	1,89	0,19	1,7	3,67	0,10	0,51	0,25
Погребенная почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic								
Ahb	0–10	1,33	0,56	0,77	2,03	0,42	0,66	0,41
AEb	15–25	1,32	0,24	1,08	1,45	0,18	0,91	0,40
E/Btb	25–30	1,26	0,19	1,07	1,22	0,15	1,03	0,40
B1tb	30–40	1,54	0,21	1,33	1,27	0,14	1,21	0,52
B2tkb	50–60	1,73	0,19	1,54	3,51	0,11	0,49	0,37
2Ahkb	70–80	1,93	0,18	1,75	3,68	0,09	0,52	0,28
	90–100	1,83	0,16	1,67	3,9	0,09	0,47	0,30
	120–130	1,77	0,16	1,61	3,81	0,09	0,46	0,32
	140–150	1,42	0,19	1,23	4,24	0,13	0,33	0,34
	160–170	1,47	0,14	1,33	3,97	0,10	0,37	0,41

П р и м е ч а н и е — Fet – общее содержание железа; Fed – экстрагируемое дитионитом (свободное) железо; Feo – оксалаторастворимое (активное) железо; Fes – силикатное железо (Fet–Fed); Fec – кристаллическое железо (Fed–Feo); Feo/Fed – индекс активности железа; Fed/Fes – индекс выветривания

Таблица 3.20 — Общие химические свойства фоновых и погребенных почвах Тохмеевского курганного могильника

Горизонт	Depth, cm	pH	TOC, %	CEC, meq/100g	Exch. acidity, meq/100g		CaCO ₃ , %
					H ⁺	Al ³⁺	
Фоновая почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Ochric							
Ah	0–7	6,89	3,07	63,1	0,04	0,04	–
	июль.14	6,28	1,78	–	0,04	0,04	–
AhE	14–25	6	1,18	14,5	0,04	0,04	–
E	25–35	5,88	0,8	18,4	0,02	0,2	–
E/Bt	35–40	5,8	0,54	30,4	0,1	0,78	–
Bt1	40–50	5,86	0,33	–	0,12	1,64	–
	50–60	5,83	0,3	40,5	0,1	1,6	–
	60–70	5,91	0,27	–	0,1	1,4	–
	70–80	5,69	0,34	–	0,12	1,26	–
Bt2	80–90	5,93	0,27	–	0,14	1,16	–
	90–100	5,96	0,25	60,6	0,1	0,96	–
	100–110	5,87	0,22	–	0,1	0,76	–
	110–120	5,86	0,29	62,9	0,12	0,76	–
2Ahkb	120–130	5,86	–	–	0,12	0,64	–
	130–140	5,95	0,25	–	0,14	0,58	–
	140–150	5,94	–	64,7	0,08	0,62	–
	150–160	6,03	0,21	–	0,08	0,62	–
	160–190	5,93	–	–	0,12	0,4	–
	190–210	6,03	0,25	63,1	0,04	0,04	–
Погребенная почва – Glossic, Folic, Albic, Dystric Retisol Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic							
Ahb	0–10	5,05	2,07	15,7	0,06	4,2	–
	окт.15	–	1,45	–	0,06	3,44	–
AEb	15–25	4,82	0,65	14,4	0,1	0,1	–
E/Btb	25–30	4,98	0,3	17,6	0,04	2,24	–
B1tb	30–40	5,41	0,33	23,5	0,06	2,86	–
	40–50	5,47	0,32	–	0,16	2,2	–
B2tkb	50–60	5,28	0,35	44	0,16	1,76	–
	60–70	5,65	0,27	–	0,1	1,5	–
	70–80	5,46	0,36	48,6	0,12	0,9	–
	80–90	5,76	0,27	–	0,1	0,4	–
2Ahkb	90–100	6,23	0,35	64,6	0,06	0,1	–
	100–110	6,66	–	–	0,04	0	–
	110–120	7,38	0,23	–	0,02	0	–
	120–130	7,36	–	72,2	0,06	4,2	–
	130–140	7,62	0,28	–	–	–	0,01
	140–150	7,71	0,26	76,5	–	–	0,06
	150–160	8,45	–	–	–	–	1,02
	160–170	8,21	0,25	85,8	–	–	1,11

Продолжение таблицы 3.20

Горизонт	Depth, cm	pH	TOC, %	CEC, meq/100g	Exch. acidity, meq/100g		CaCO ₃ , %
					H ⁺	Al ³⁺	
Земляная насыпь							
Верхний слой	0–20	5,66	3,89	–	0,12	0,04	–
	20–45	4,93	2,09	–	0,1	3,44	–
Почвенный блок, внутренность	45–53	–	1,43	–	0,12	1,86	–
	108–115	4,9	1,82	–	0,04	7,25	–
Почвенный блок, внешний	115–120	4,86	1,96	–	0,04	6,96	–
	45–53	5,01	1,8	–	0,04	6	–

Таблица 3.21 — Палинологический спектр фоновых и погребенных почв Таушкасинского курганного могильника (в числителе – %, в знаменателе – количество зерен)

Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см				
	8 (центр) 115–130	8 (центр section) 120–125	7 85–95	6 50–60	Фоновая почва 0–5
Пыльца древесных растений, всего	<u>63,8</u> 67	<u>51,3</u> 119	<u>43,1</u> 83	<u>51,2</u> 109	<u>80,4</u> 184
Пыльца трав, всего	<u>15,3</u> 16	<u>18,9</u> 44	<u>21,2</u> 41	<u>15,9</u> 34	<u>7,4</u> 17
Всего спор	<u>20,9</u> 22	<u>29,8</u> 69	<u>35,7</u> 69	<u>32,9</u> 70	<u>12,2</u> 28
Total number of grains	105	232	193	213	229
Picea obovata Ledeb.		<u>10,1</u> 12	<u>3,6</u> 3	<u>3,7</u> 4	<u>1,6</u> 3
Pinus sibirica Du Tour	<u>16,4</u> 11	<u>6,7</u> 8	<u>14,5</u> 12	<u>11,9</u> 12	<u>16,8</u> 31
P. sylvestris L.	<u>13,5</u> 9	<u>17,6</u> 21	<u>22,9</u> 19	<u>25,7</u> 28	<u>29,3</u> 54
Abies sibirica Ledeb.				<u>0,9</u> 1	
Larix sibirica Ledeb.	<u>8,9</u> 6	<u>6,7</u> 8	<u>4,8</u> 4	<u>3,7</u> 4	<u>1,6</u> 3
Cupressaceae Juniperus communis L.	<u>7,4</u> 5	<u>4,2</u> 5	<u>4,8</u> 4		<u>1,2</u> 2
Пыльца голосеменных, всего	<u>46,2</u> 31	<u>45,3</u> 54	<u>50,6</u> 42	<u>44,9</u> 49	<u>50,5</u> 93
Betula sect. Albae	<u>17,9</u> 12	<u>9,4</u> 11	<u>14,6</u> 12	<u>7,3</u> 8	<u>11,4</u> 21
B. sect. Fruticosa	<u>6,1</u> 4	<u>5,9</u> 7	<u>4,8</u> 4	<u>4,6</u> 5	<u>4,9</u> 9
Alnus glutinosa (L.) Gaertn.	<u>13,4</u> 9	<u>7,6</u> 9	<u>7,2</u> 6	<u>12,8</u> 14	<u>2,2</u> 4
Corylus avellana L.	<u>6,1</u> 4	<u>2,5</u> 3	<u>2,4</u> 2	<u>4,6</u> 5	<u>5,4</u> 10
Tilia cordata Mill.		<u>17,6</u> 21	<u>10,8</u> 9	<u>10,3</u> 11	<u>19,0</u> 35

Продолжение таблицы 3.21

Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см	Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см	Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см
Quercus robur L.	<u>2,9</u> 2	<u>2,5</u> 3		<u>2,7</u> 3	<u>1,2</u> 2
Ulmus laevis Pall. et U. glabra Huds.		<u>4,2</u> 5	<u>3,6</u> 3	<u>5,5</u> 6	<u>2,7</u> 5
Acer aff. platanoides L.		<u>0,8</u> 1			
Populus nigra L.		<u>4,2</u> 5	<u>6,0</u> 5		
Salix caprea L.	<u>7,4</u> 5			<u>2,7</u> 3	<u>2,7</u> 5
Пыльца покрытосеменных, всего	<u>53,8</u> 36	<u>54,7</u> 65	<u>49,4</u> 41	<u>55,1</u> 60	<u>49,5</u> 91
Chenopodiaceae	<u>5,3</u> 2		<u>3,6</u> 4	<u>2,8</u> 3	<u>4,4</u> 2
Poaceae	<u>7,9</u> 3	<u>6,2</u> 7	<u>5,4</u> 6	<u>4,8</u> 5	<u>6,7</u> 3
Typhaceae					<u>4,4</u> 2
Urticaceae			<u>2,7</u> 3		
Papaveraceae	<u>2,6</u> 1				
Lamiaceae	<u>7,9</u> 3				<u>4,4</u> 2
Liliaceae			<u>4,6</u> 5		
Convallaria majalis L.				<u>6,2</u> 7	
Paris quadrifolia L.				5,3 6	
Silenaceae Dianthus deltoids L.		<u>0,9</u> 1		<u>3,0</u> 3	<u>4,4</u> 2
Rosaceae		<u>8,8</u> 10	<u>1,8</u> 2	<u>5,8</u> 6	<u>11,3</u> 5
Saxifragaceae		0,9			
Onograceae Chamaenerium angustifolium (L.) Scop.	<u>10,5</u> 4	<u>1,8</u> 2	<u>10,2</u> 11	<u>5,8</u> 6	
Polygonaceae Polygonum convolvulus L.			<u>2,7</u> 3		
Iridaceae Gladiolus imbricatus L.		<u>4,4</u> 5			
Grjssuliaceae					
Liliaceae				<u>4,8</u> 5	
Lamiaceae				<u>3,8</u> 4	
Fabaceae	<u>7,9</u> 3				<u>11,3</u> 5
Cyperaceae		<u>2,6</u>	<u>2,7</u>	<u>1,9</u>	

Cyperus radicaus Schkunr.		3	3	2	
---------------------------	--	---	---	---	--

Продолжение таблицы 3.21

Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см	Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см	Пыльца / споры по видам растений	Курган №, Горизонт/глубина с поверхности, см
Пыльца трав, всего	<u>42,1</u> 16	<u>38,9</u> 44	<u>37,3</u> 41	<u>32,7</u> 34	<u>37,8</u> 17
Polypodiaceae	<u>28,9</u> 11	<u>23,0</u> 26	<u>23,6</u> 26	<u>27,9</u> 29	<u>26,7</u> 12
Lycopodiaceae	<u>15,8</u> 6	<u>12,4</u> 14	<u>17,3</u> 19	<u>18,3</u> 19	<u>6,7</u> 3
Lycopodiella inundata (L.) Holub.		<u>1,8</u> 2		<u>1,9</u> 2	
Hypolepidaceae Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. ex Decken		<u>10,6</u> 12	<u>10,0</u> 11	<u>5,8</u> 6	<u>4,4</u> 2
Ophioglossaceae <u>Botrychium virginianum</u> (L.) Sw.	<u>5,3</u> 2	<u>9,7</u> 10	<u>6,4</u> 7	<u>6,7</u> 7	<u>8,9</u> 4
Sphagnum obtusum Warnst.	<u>7,9</u> 3	<u>3,5</u> 4	<u>5,4</u> 6	<u>6,7</u> 7	<u>11,1</u> 5
Selaginella aff. selaginoides (L.) Linc.					<u>2,2</u> 1
Bryales					<u>2,2</u> 1
Всего спор	<u>57,9</u> 22	<u>61,1</u> 69	<u>62,7</u> 69	<u>67,3</u> 70	<u>62,2</u> 28

Таблица 4.1 — Полевые описания изучаемых почв ключевого участка Мухино*

Горизонт	Глубина, см	Цвет основн. массы почвы**	Кутаны	Fe-Mn конкреции	Структура	Карбонат ные новообра- зования	Вскипание от HCl	Обилие корней	Характер границы	
									Фор- ма	Пер е- ход
Фоновая почва – Greyzemec Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
Ah	0–7	10 YR 4/1	–	–	WMFIGR+AB+ SS	–	N	Средне	W	C
AhE	7–28(31)	10 YR 3/2	–	–	WMFIGR+AB+ SS	–	N	Немного	S	C
AhBt	28(31)- 45(50)	7,5 YR 3/1	Средние – М	–	WMMEAB+PR	–	N	Немного	W	C
Bt	45(50)- 100	10 YR 4/4	Сред- ние – М	–	WMCOAB+PR	–	N	N	W	C
Btk	100–135	10 YR 4/3	Тонкие – М	–	WMCOAB+PR	PM, SC	+	N	–	–
BCk	135–158	10 YR 3/3	Тонкие – V	–	WMCOAB+PR	HC, CC	+	N	–	–
Почва, погребенная 2500 лет назад – Greyzemec Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
AhEb	0–30	10 YR 2/1	–	–	MOMEGR+AB	–	+	Средне	W	C
AhBb	30–40	10 YR 3/2	Тонкие –F	–	MOMEGR+AB	–	+	Немного	W	C
Btb	40–100	10 YR 3- 4/4	Средние – М	–	WMCOAB+PR	–	+	N	W	C
Bkb	100–132	10 YR 4/4	–	–	WMCOAB+PR	SC, CC	+	N	W	C
BCkb	132–160	7,5 YR 4/6	–	–	WMCOPR+PR	SC, HC, PM	+	N	–	–
Почва, погребенная 1500 л.н. – Gleyic Chernic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
Ahb	0–30	10 YR 2/1	–	–	WMFIGR+AB	–	N	Средне	S	A
AhBb	30–55	10 YR 4/4	Тонкие –F	–	WMFIAB	–	N	Средне	S	C
Btb	55–85	7,5 YR 4/3	Средние –М	–	WMMEAB	–	N	N	S	G
Btkb	85–125	10 YR 4/3	Тонкие –М	–	WMCOAB+PR	SC, HC, PM	+	N	S	G
BCtklb	125–160	10 YR 4/3	Тонкие –М	Fine- F	WEMEAB	SC, HC, PM, CC	+	N	–	–

П р и м е ч а н и е — *Индексы даны в соответствии с Руководством по описанию почв ФАО (2012). **Кутаны:** «толщина-обилие»; **толщина:** очень тонкие (< 0.2), тонкие (0.2–0.5), средние (0.5–1), толстые > 1. **Fe-Mn конкреции:** «размер-обилие»; **размер:** Fine < 3mm; **обилие:** F – немного, C – среднее. **Структура:** Градация: WE – слабая, MO – средняя; Тип: AB – ореховатая, GR – зернистая, SB – комковатая, AS – ореховато-комковатая, LU – средне-глыбистая. **Карбонатная реакция:** N (не вскипает от HCl) + (вскипает от HCl). Карбонатные HO: SC белоглазка, HC журавчики, PM псевдомицелий* (карбонатные инфиллинги в порах), CC – Карбонатные кутаны. **Граница перехода:** Форма: S – ровная, W – волнистая, I – неровная; Переход: A – резкий, C – ясный, G – постепенный

Таблица 4.2 — Полевые описания изучаемых почв ключевого участка Дегтевое*

Горизонт	Глубина, см	Цвет основной массы почвы*	Кутаны	Fe-Mn конкреции	Структура	Карбо нат. новообразования	Вскипание от HCl	Обилие корней	Характер границы	
									Форма	Переход
Фоновая почва – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Anthric, Cutanic, Gypsic, Loamic)										
Ahp	0–20	10 YR 5/2	–	–	WE–FI/GR		N	Средне	W	C
Ahpy	20–30	10 YR 5/2	–	–	WE		N	Средне	S	C
Bty	30–52	10 YR 4/3	–	–	WE–FI/AB		N	Немного	W	C
Btgy	52–135	10 YR 4/4	Me- dium–A	–	WE		N	N	–	–
Почва, погребенная 2500 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)										
AhEb	0–25	10 YR 3/2	–	–	WE– ME/GR+AB		N	Средне	W	C
AhBtb	25–42	10 YR 3/1– 3/4	Me- dium–A	–	WM– ME/GR+PR		N	Средне	W	C
Btgyb	42–105 (110	10 YR 4/4	Thin–F	Fine –C	WM–CO– FI/PR		N	Немного	W	A
BCkgyb	105 (110) – 140	10 YR 5/6	Thin–V	Fine –M	WEMEPR	SC, HC	+	N	–	–
Почва, погребенная 2300 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)										
AhEb	0–20(25)	10 YR 5/2	–	–	WM– FI/GR+AB		N	Средне	W	G
AhBtb	20(25)–50	7,5 YR 3/2	Medpiu m – A	Fine –C	WM–FI/AB		N	Немного	W	C
Btgyb	50–90	7,5 YR 3/2	Me- dium–C	Fine –C	WM–FI/AB		N	Немного	W	C
Bgyb	90–130(140	7,5 YR 3/2	–	Fine –C	WM– ME/AB		N	N	W	C
BCkb	130(140) – 175	7,5 YR 3/2	–	–	WM– CO/AB+PR	SC, HC	+	N	–	–

Таблица 4.3 — Полевые описания изучаемых почв ключевого участка Ксизово*

Горизонт	Глубина, см	Цвет основ- ной массы почвы	Кутаны	Fe-Mn конкреции	Структура	Карбонатные новообразова- ния	Вскипание от HCl	Обилие корней	Характер границы	
									Форма	Переход
Фоновая почва – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
Ah	0–7	10 YR 5/1	–	–	WE- FIGR+AB	–	N	Много	W	C
AhE	7–34	10 YR 4/2	–	–	WMMEAB+ PR	–	N	Средне	W	G
AhBt	34–45	7,5 YR 4/3	–	Fine–V	MO- COAB+PR	–	N	Немного	W	G
Btg	45–90	7,5 YR 4/4	Me- dium– A	Fine–F	MO- MEAB+PR	–	N	Немного	W	G
BCg	90–140	7,5 YR 4/6	Thin–F	Fine–C	MO- MEAB+PR	–	N	–	–	–

Погребенная почва – <i>Greyzemic Stagnic Gleyic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>										
AhEb	0–19	7,5 YR 4/1	–	–	WE- FIGR+AB	–	N	Средне	W	C
AhBtb	19–35	7,5 YR 3/1–2	Me- dium– A	–	WMMEPR+ AB	–	N	Средне	W	G
Btb	35–46	7,5 YR 3/3	Thin–F	Fine–V	WMMEPR+ AB	–	N	Немного	W	C
Btgb	46–83	7,5 YR 4/3	Thin–F	Fine–V	MO- COAB+PR	–	N	Немного	W	C
BCgb	83–130	7,5 YR 4/3	–	Fine–V	WMCOAB+ PR	–	N	Немного	W	C
Cgb	130–160	7,5 YR 4/4	–	–	WMCOAB+ PR	–	N	–	–	–

Таблица 4.4 — Фракции железа в погребённых и фоновых почвах, %. Ключевой участок Мухино

Горизонт	Глубина, см	Fed	Feo	Alo	Fec	Fes	Индексы выветривания		
							Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet
Фоновая почва – <i>Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>									
Ah	0–10	1,49	0,21	0,17	1,28	1,99	0,14	0,75	0,43
AhE	10–20	1,53	0,19	0,19	1,34	2,44	0,12	0,63	0,39
	20–30	1,70	0,18	0,20	1,52	2,14	0,11	0,79	0,44
AhBt	40–50	1,62	0,17	0,23	1,45	3,04	0,10	0,53	0,35
Bt	60–70	1,91	0,15	0,22	1,76	2,85	0,08	0,67	0,40
	80–90	1,84	0,15	0,15	1,69	2,86	0,08	0,64	0,39
Btk	100–120	1,75	0,12	0,13	1,63	2,80	0,07	0,62	0,38
BCk	140–160	1,60	0,12	0,13	1,48	2,83	0,08	0,57	0,36
Погребенная почва 2500 л. н. – <i>Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>									
AhEb	0–10	1,29	0,15	0,17	1,14	2,28	0,12	0,57	0,36
	10–20	1,37	0,16	0,19	1,21	2,35	0,12	0,58	0,37
AhBb	30–40	1,50	0,18	0,20	1,32	2,40	0,12	0,63	0,38
Btb	50–60	1,65	0,17	0,23	1,48	2,91	0,10	0,57	0,36
	80–90	1,61	0,17	0,22	1,44	3,09	0,11	0,52	0,34
Bkb	100–120	1,37	0,13	0,15	1,24	2,89	0,09	0,47	0,32
BCkb	140–160	1,42	0,13	0,13	1,29	2,73	0,09	0,52	0,34
Погребенная почва 1500 л. н. – <i>Gleyic Chernic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>									
Ahh	0–10	1,29	0,15	0,17	1,14	2,91	0,12	0,44	0,31
	10–20	1,52	0,13	0,17	1,39	3,14	0,09	0,48	0,33
AhBb	30–40	1,64	0,13	0,17	1,51	3,11	0,08	0,53	0,35
	40–50	1,60	0,13	0,19	1,47	2,88	0,08	0,56	0,36

Btb	60–70	1,63	0,13	0,19	1,50	2,97	0,08	0,55	0,35
	80–90	1,70	0,12	0,18	1,58	2,84	0,07	0,60	0,37
Btkb	100–120	1,81	0,12	0,15	1,69	2,80	0,07	0,65	0,39
BCtklb	140–160	1,52	0,12	0,13	1,40	2,62	0,08	0,58	0,37

Таблица 4.5 — Фракции железа в фоновых и погребённых почвах городища Дегтевое, %

Горизонт	Глубина, см	Fed	Feo	Alo	Fec	Fes	Weathering indexes		
							Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet
Фоновая почва – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Anthric, Cutanic, Gypsic, Loamic)									
Ahp	0–10	1,1	0,24	0,15	0,86	1,81	0,22	0,61	0,38
Ahpy	20–30	1,53	0,17	0,18	1,36	2,02	0,11	0,76	0,43
Bty	30–40	1,87	0,19	0,27	1,68	2,93	0,10	0,64	0,39
Btgy	50–60	1,99	0,16	0,21	1,83	2,86	0,08	0,70	0,41
	80–90	2,22	0,16	0,18	2,06	2,78	0,07	0,80	0,44
	100–120	1,86	0,14	0,17	1,72	2,04	0,08	0,91	0,48
	120–140	2,17	0,11	0,13	2,06	2,66	0,05	0,82	0,45
Погребенная почва 2500 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)									
AhEb	0–10	1,54	0,28	0,21	1,26	2,10	0,18	0,74	0,42
AhBtb	20–30	1,56	0,25	0,26	1,31	2,49	0,16	0,63	0,39
Btgyb	40–50	1,7	0,22	0,25	1,48	3,14	0,13	0,54	0,35
	60–70	1,74	0,21	0,23	1,53	2,96	0,12	0,59	0,37
	80–90	1,61	0,21	0,21	1,40	3,13	0,13	0,51	0,34
BCkgyb	100–120	1,62	0,18	0,19	1,44	2,66	0,11	0,61	0,38
	120–140	1,52	0,16	0,16	1,36	2,21	0,11	0,69	0,41
Погребённая почва 2300 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)									
AhEb	0–10	1,29	0,15	0,17	1,14	2,98	0,12	0,43	0,30
	10–20	1,52	0,13	0,17	1,39	2,39	0,09	0,63	0,39
AhBtb	30–40	1,64	0,13	0,17	1,51	3,33	0,08	0,49	0,33
Btgyb	50–60	1,60	0,13	0,19	1,47	3,37	0,08	0,48	0,32
	70–80	1,70	0,12	0,18	1,58	3,18	0,07	0,54	0,35
Bgyb	100–120	1,81	0,12	0,15	1,69	2,22	0,07	0,81	0,45
BCkb	140–160	1,52	0,12	0,13	1,40	2,21	0,08	0,69	0,41

Таблица 4.6 — Фракции железа в фоновых и погребённых почвах ключевого участка Кси-зово, %

Горизонт	Глубина, см	Fed	Feo	Alo	Fec	Fes	Индексы выветривания		
							Feo/Fed	Fed/Fes	Fed/Fet
Фоновая почва – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)									
Ah	0–10	1,42	0,27	0,18	1,15	1,77	0,19	0,80	0,44
AhE	20–30	1,73	0,17	0,21	1,56	2,35	0,10	0,74	0,42
AhBt	40–50	2,04	0,15	0,22	1,89	2,92	0,07	0,70	0,41
Btg	60–70	1,97	0,14	0,21	1,83	2,92	0,07	0,67	0,40
BCg	90–100	1,94	0,17	0,2	1,77	2,95	0,09	0,66	0,40
	120–140	2,03	0,18	0,18	1,85	2,68	0,09	0,76	0,43
Погребенная почва – Greyzemic Stagnic Gleyic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)									
AhEb	0–10	1,3	0,23	0,21	1,07	3,00	0,18	0,43	0,40
AhBtb	10–20	1,46	0,15	0,19	1,31	4,02	0,10	0,36	0,35
Btb	30–40	1,94	0,15	0,21	1,79	4,50	0,08	0,43	0,42
Btgb	50–60	1,94	0,15	0,19	1,79	4,65	0,08	0,42	0,40
BCgb	80–90	1,86	0,14	0,13	1,72	4,61	0,08	0,40	0,39
	100–120	1,97	0,15	0,18	1,82	4,44	0,08	0,44	0,43
Cgb	140–160	1,91	0,15	0,15	1,76	4,40	0,08	0,43	0,42

П р и м е ч а н и е — Fet – общее содержание железа; Fed – экстрагируемое дитионитом (свободное) железо; Feo – оксалаторастворимое (активное) железо; Fes – силикатное железо (Fet–Fed); Fec – кристаллическое железо (Fed–Feo); Feo/Fed – индекс активности железа; Fed/Fes – индекс выветривания

Таблица 4.7 — Общие химические свойства почв ключевого участка Мухино

Горизонт индекс и глубина		Глубина, см	pH	Сорг, %	CaCO3, %	ЕКО	Ca	Mg	Na	K
						мг-экв/100г				
Фоновая почва – Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
Ah	0–7	0–10	6,3	5,5	0	–	–	–	–	–
AhE	7–28(31)	окт.20	6,4	3,5	0	1221,1	1181,6	28,3	3,6	7,6
		20–30	6,3	3,2	0	–	–	–	–	–
AhBt	28(31)–45(50)	30–40	6,3	1,3	0	587,7	556,3	21,1	2,4	7,9
		40–50	6,3	0,9	0	–	–	–	–	–
Bt	45(50)–100	50–60	6,1	1,3	0	–	–	–	–	–
		60–70	6,1	1	0	569,9	528,8	30,9	1,7	8,4
		70–80	6,1	1	0	–	–	–	–	–
		80–90	6,2	0,6	0	–	–	–	–	–
		90–100	6,6	0,5	0	–	–	–	–	–
		100–120	8,2	0,5	1	958,7	898,5	50,8	2,1	7,3
Btk	100–135	120–140	8,3	0,6	2,3	–	–	–	–	–
BCk	135–158	140–160	8,5	1,1	2,3	875,5	798,8	68,6	2,1	6
Погребенная почва 2500 л. н. – Greyzemic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
AhEb	0–30	0–10	8,4	2,7	3,5	–	–	–	–	–
		окт.20	8,5	2,3	4	520,9	471	39,3	1,7	8,9
		20–30	8,5	2,2	0,7	–	–	–	–	–
AhBb	30–40	30–40	8,5	1,8	0,4	442,2	391,4	39,5	2	9,2
Btb	40–100	40–50	8,5	1,3	0,4	–	–	–	–	–
		50–60	8,4	0,9	0,2	–	–	–	–	–
		60–70	8,3	0,7	0,4	623,2	586,8	22,7	2,2	11,4
		70–80	8,4	0,6	0,3	–	–	–	–	–
		80–90	8,4	0,6	0,2	–	–	–	–	–
		90–100	8,4	0,5	0,4	1205,4	1159,7	32,4	1,8	11,5
		100–120	8,6	0,5	3,5	–	–	–	–	–
Bkb	100–132	120–140	8,6	0,5	3,2	–	–	–	–	–
BCkb	132–160	140–160	8,7	0,9	1,4	1046,1	998,5	35	1,5	11,1
Погребенная почва 1500 л. н. – Gleyic Chernic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)										
Ahb	0–30	0–10	6,7	1,9	0	492,3	423	44,7	0,8	23,9
		окт.20	6,9	1,6	0	–	–	–	–	–
		20–30	6,8	1,4	0	461,7	413,6	37,3	1	9,9
AhBb	30–55	30–40	6,9	0,8	0	–	–	–	–	–
		40–50	6,9	1	0	429,1	371,5	42,7	1,2	13,7
		50–60	7,4	0,6	0	–	–	–	–	–
Btb	55–85	60–70	7,8	0,9	0	–	–	–	–	–
		70–80	7,4	0,5	0	403	346,9	37,2	1,5	17,4
		80–90	8,3	0,6	1,5	–	–	–	–	–
Btkb	85–125	90–100	8,5	0,6	2,4	–	–	–	–	–
		100–120	8,5	0,6	2,4	1052,2	997,7	35,8	1,3	17,3
BCtklb	125–160	120–140	8,5	0,7	1,4	–	–	–	–	-
		140–160	8,4	0,9	1,3	1265,6	1216,5	30,5	1,4	17,1

Таблица 4.8 — Общие химические свойства почв ключевого участка Дегтевое

Горизонт индекс и глубина		Глубина, см	pH	Сорг, %	CaCO3, %	ЕКО	Ca	Mg	Na	K
							мг-экв/100г			
Фоновая почва – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Anthric, Cutanic, Gypsic, Loamic)										
Ahp	0–20	0–10	6,2	2,9	0,0	201,3	159,1	32,7	4,1	5,4
		10–20	6,3	1,8	0,0					
Ahpy	20–30	20–30	6,5	1,4	0,0	387,4	340,9	41,2	1,4	3,8
Bty	30–52	30–40	6,5	1,0	0,1	489,7	421,1	60,6	2,1	5,9
		40–50	6,3	0,5	0,1	–	–	–	–	–
Btgy	52–135	50–60	6,3	1,1	0,1	–	–	–	–	–
		60–70	6,3	0,5	0,0	–	–	–	–	–
		70–80	6,2	0,2	0,0	782,9	709,2	66,5	2,6	4,6
		80–90	6,2	0,5	0,0	–	–	–	–	–
		90–100	6,3	0,4	0,0	–	–	–	–	–
		100–120	6,3	0,4	0,0	545,9	466,6	71,7	2,7	4,9
		120–130	6,3	0,3	0,0	–	–	–	–	–
		Погребенная почва 2500 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)								
AhEb	0–25	0–10	8,3	2,4	0,0	462,1	413,5	37,9	4,1	6,6
		10–20	8,4	1,9	0,0	–	–	–	–	–
		20–30	7,7	1,6	0,0	434,8	378,5	43,7	5,2	7,4
AhBtb	25–42	30–40	7,1	1,8	0,0	–	–	–	–	–
		40–50	6,9	0,8	0,0	–	–	–	–	–
Btgyb	42–105 (110)	50–60	6,8	0,4	0,0	–	–	–	–	–
		60–70	6,9	0,4	0,0	–	–	–	–	–
		70–80	7,0	0,2	0,1	466,2	391,3	45,7	5,8	23,4
		80–90	7,0	0,4	0,0	–	–	–	–	–
		90–100	7,1	0,3	0,0	–	–	–	–	–
BCkgyb	105 (110) – 140	100–120	7,1	0,6	0,0	–	–	–	–	–
		120–140	7,9	0,4	1,4	1104,9	1049,7	44,0	6,2	5,1
Погребенная почва 2300 л. н. – Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozems (Gypsic, Cutanic, Loamic)										
AhEb	0–20(25)	0–10	6,3	1,6	0,0	368,5	313,3	48,3	2,8	4,1
		10–20	6,3	1,7	0,0	–	–	–	–	–
AhBtb	20(25) –50	20–30	6,8	1,9	0,0	428,1	359,2	61,3	3,0	4,6
		30–40	6,8	0,6	0,0	–	–	–	–	–
		40–50	7,0	0,7	0,0	–	–	–	–	–
Btgyb	50–90	50–60	7,0	0,8	0,1	–	–	–	–	–
		60–70	7,2	0,3	0,1	439,5	374,0	57,5	3,1	4,8
		70–80	7,4	0,5	0,0	–	–	–	–	–
		80–90	7,5	0,5	0,1	467,7	410,4	50,1	2,8	4,3
Bgyb	90–130(140)	90–100	7,9	0,6	0,1	–	–	–	–	–
BCkb	130(140) – 175	100–120	8,1	0,3	0,0	–	–	–	–	–
		140–160	8,3	0,5	0,1	412,8	365,9	40,8	3,3	2,9

Таблица 4.9 — Общие химические свойства почв ключевого участка Ксизово

Индекс горизонта и глубина	Глубина, см	pH	СОПГ, %	CaCO3, %	CEC	Ca	Mg	Na	K	
										мг-экв/100г
Фоновая почва - <i>Greyzemic Stagnic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>										
Ah	0–7	0–10	6,4	7,4	–	627,4	552,9	64,4	0,9	9,3
AhE	7–34	10–20	6,2	3,9	–	340,8	290,4	44,8	1,0	4,7
		20–30	6,0	2,0	–	–	–	–	–	–
AhBt	34–45	30–40	6,0	0,8	–	–	–	–	–	–
		40–50	6,1	0,9	–	–	–	–	–	–
Btg	45–90	50–60	6,1	0,8	–	–	–	–	–	–
		60–70	6,1	0,5	–	421,4	348,6	64,5	2,4	6,0
		70–80	6,0	0,4	–	–	–	–	–	–
		80–90	6,2	0,3	–	–	–	–	–	–
		90–100	6,2	0,2	–	–	–	–	–	–
BCg	90–140	100–120	6,5	0,4	–	480,3	399,0	72,5	3,0	5,7
		120–140	6,2	0,3	–	–	–	–	–	–
Погребенная почва – <i>Greyzemic Stagnic Gleyic Luvic Phaeozem (Cutanic, Loamic)</i>										
AhEb	0–19	0–10	5,9	1,5	–	233,0	183,1	42,5	1,4	6,0
AhBtb	19–35	10–20	6,0	1,2	–	–	–	–	–	–
		20–30	5,9	1,2	–	358,1	282,5	65,6	2,1	8,0
Btb	35–46	30–40	6,1	0,7	–	388,0	307,2	70,3	2,6	7,9
		40–50	6,0	0,7	–	–	–	–	–	–
Btgb	46–83	50–60	6,1	0,6	–	–	–	–	–	–
		60–70	6,0	0,9	–	–	–	–	–	–
		70–80	6,0	0,5	–	–	–	–	–	–
BCgb	83–130	80–90	6,1	0,6	–	–	–	–	–	–
		90–100	6,1	0,6	–	372,7	307,6	54,8	2,7	7,6
		100–120	6,2	0,8	–	–	–	–	–	–

Таблица 4.10 — Содержание макроэлементов и потеря при прокаливании (ППП) (%) в почвообразующих породах изучаемых погребенных и фоновых почв

Ключевой участок	Почва	Глубина, см	Горизонт	ППП	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S total
Мухино	Фоновая почва	140–160	BCk	6.88	0.72	1.15	11.68	66.88	2.09	4.37	0.84	0.087	4.92	0.09	0.04
	Почва, погребенная 2500 л.н.	140–160	BCkb	5.58	0.70	1.18	11.99	69.62	2.14	2.88	0.85	0.074	4.61	0.08	0.03
	Почва, погребенная 1500 л.н.	140–160	BCtkgb	5.54	0.70	1.10	11.32	70.59	2.04	2.82	0.84	0.075	4.60	0.07	0.02
Дегтевое	Фоновая почва	120–130	Btgy	4.51	0.56	1.11	12.16	72.37	1.76	0.94	0.76	0.111	5.37	0.06	0.02
	Почва, погребенная 2500 л.н.	120–140	BCkgyb	5.08	0.71	1.03	10.62	71.45	2.13	3.31	0.81	0.081	4.14	0.08	0.27
	Почва, погребенная 2300 л.н.	140–160	BCkb	3.35	0.81	0.92	10.54	75.54	2.17	1.13	0.88	0.099	4.15	0.06	0.04
Ксизово	Фоновая почва	120–140	BCg	4.50	0.80	1.18	12.03	71.86	2.07	1.02	0.84	0.076	5.24	0.09	0.00
	Почва, погребенная	140–160	Clb	3.97	0.88	1.22	12.16	72.36	2.23	0.92	0.81	0.060	5.02	0.08	0.00
Среднее арифметическое (n=8)				4,93	0,74	1,11	11,56	71,33	2,08	2,17	0,83	0,08	4,76	0,08	0,05
Коэффициент вариации, %				22	13	9	6	3	7	62	4	19	10	16	170

Таблица 5.1 — Полевые описания изучаемых почв ключевого участка Борисовка*

Гори-зонт	Глубина, см	Цвет**	Кутаны	Структура	Карб. реакций	Втор. Карб.	Обилие корней	Граница		Консистенция **	Порозность
								Форма	Переход		
Фоновая почва – Chernic Greyzemic Luvic Phaeozem (Loamic)											
Ahl	0–10	7,5YR2,5/1 + 5YR2,5/1	–	ST, FF–GR + FF–SB	N	–	MC, M	G	W	VFR	Очень высокая
Ah2	10–30	10YR2/2	–	MS, FM–SB→WM, FF–SB + FF–SB	N	–	MC, M	C	W	FR	Высокая
Ah3	30–40	2,5Y2,5/1	Thin–ST (P)	MS, VM–SA	N	–	M, C	C	W	FR	Высокая
BtAh	40–50	5Y3/1 + 5Y2,5/1	(1) Medium–thin–H, CH (P); (2) very thin–ST above medium–thin–H, CH (P)	ST, FM–AB + FM–AP→MS, VM–AB	N		FM, F	C	W	FR to FI	Средняя
Btl	50–70	10 YR 3/2	Thick–CH, C (PH, PV)	MS, FC–PR + FC–PL + FC–AW	N	–	*	C	W	FVF	Низкая
Bt2	70–100	2,5Y5/4	(1) Thick–C (PH, PV); (2) medium–ST above thick–C (PV)	MS, MC–PR + MC–PL	N		*	A	S	FVF	Низкая
2Ahkb	100–160	10YR4/6	Thick–CC (PV)	WE, MC–PR + MV–PR	ST	PM + D	*	A	W	FI	Низкая
2AhBkb	160–200	10YR5/6	–	WE, MC–PR + MV–PR	ST	PM + D	–	–	–	FI	Очень низкая
Погребенная почва – Luvic Chernozem (Loamic)											
Ahkb	0–30	2,5YR3/1	Thin–CC (PV)	ST, VM–AB + ST, FF–GR	ST	HC	FM, F	–	W	FR	Высокая
ABthkbl	30–40	7,5 YR 3/2 + 10YR3/3	(1) Thin–MN (P); (2) very thin–C (P); (3) very thin–ST (P)	ST, FM–PR→ST, VM–AB	ST	PM	–	C	W	FR	Высокая
ABthkb2	40–50	7,5 YR 3/3 + 10YR3/3	Thin–MN (P)	ST, FM–PR + ST, VM–AB	ST	D	–	C	W	FR to FI	Средняя
Btkb	50–80	10YR3/4	–	ST, FM–PR	ST	PM	–	A	W	FI	Низкая
2Ahkb	80–120	10YR4/4	Medium–CC (PV)	MO, FC–PR	ST	HC + SC + PM	–	C	W	FI	Низкая
2AhBkb	120–200	10YR4/6	Thick–CC (PV)	WM, FC–PR	ST	PM + SC	–	–	–	FI	Очень низкая

П р и м е ч а н и я *Индексы даны в соответствии с Руководством по описанию почв ФАО (2012). **Кутаны:** «толщина-обилие»; *толщина:* очень тонкие (< 0.2), тонкие (0.2–0.5), средние (0.5–1), толстые > 1. **Fe-Mn конкреции:** «размер-обилие»; *размер:* Fine < 3 mm; *обилие:* F – немного, C – средне. **Структура:** *Градация:* WE – слабая, MO – средняя; *Тип:* AB – ореховатая, GR – зернистая, SB – комковатая, AS – ореховато-комковатая, LU – среднеглыбистая. **Карбонатная реакция:** N (не вскипает от HCl) + (вскипает от HCl). Карбонатные HO: SC белоглазка, HC журавчики, PM псевдомицелий* (карбонатные инфиллинги в порах) CC – Карбонатные кутаны. **Граница перехода:** *Форма:* S – ровная, W – волнистая, I – неровная; *Переход:* A – резкий, C – ясный, G – постепенный ** во влажном состоянии

Таблица 5.2 — Гранулометрический состав исследуемых почв (метод пипетки) ключевого участка Борисовка

Horizon	Глубина, см	Размер фракций (мм)*						Csi/C	Тек (Руководство ФАО, 2006)
		MS 1-0.25	FS 0.25-0.05	CSi 0.05-0.01	MSi 0.01-0.005	FSi 0.005-0.001	C < 0.001		
Фоновая почва – Chernic Greyzemc Luvic Phaeozem (Loamic)									
Ah1	0–10	3	19	38	9	13	18	2.11	SL
Ah2	10–20	3	16	37	10	12	22	1.68	SL
	20–30	3	17	37	8	11	24	1.54	SCL
Ah3	30–40	2	20	34	7	10	27	1.26	SCL
BtAh	40–50	2	17	34	6	9	32	1.06	SCL
Bt1	50–60	2	17	34	6	9	32	1.06	SCL
	60–70	1	15	33	8	9	34	0.97	SCL
Bt2	70–80	1	14	35	8	9	33	1.06	SCL
	80–90	1	15	38	6	9	31	1.23	SCL
	90–100	1	12	36	6	12	33	1.09	SCL
2Ahkb	100–120	1	8	33	8	16	34	0.97	SC
	120–140	1	5	30	9	16	39	0.77	SC
	140–160	1	8	29	8	16	38	0.76	SC
2AhBkb	160–180	1	7	29	8	15	40	0.73	SC
	180–200	1	6	29	10	14	40	0.73	SC
Кротовина	120–130	1	10	33	7	10	36	0.92	SCL
	180–190	1	13	38	4	13	34	1.12	SCL
Погребенная почва – Luvic Chernozem (Loamic)									
Ahkb	0–10	1	17	37	4	8	33	1.12	SCL
	10–20	2	16	34	6	8	34	1.00	SCL
	20–30	1	16	33	7	9	34	0.97	SCL
ABthkb1	30–40	1	19	33	6	11	30	1.1	SCL
ABthkb2	40–50	1	16	36	6	11	30	1.2	SCL
Btkb	50–60	1	16	37	8	8	30	1.23	SCL
	60–70	1	15	34	8	10	32	1.06	SCL
	70–80	1	16	33	8	10	32	1.03	SCL
2Ahkb	80–90	1	9	34	10	11	35	0.97	SCL
	90–100	1	9	30	9	14	37	0.81	SC
	100–120	2	6	28	9	14	41	0.68	SC
2AhBkb	120–140	2	8	26	7	16	41	0.63	SC
	140–160	2	6	29	8	14	41	0.71	SC
	160–180	2	9	28	9	12	40	0.70	SC
	180–200	2	7	31	8	12	40	0.78	SC
Кротовина	177–200	1	11	35	9	10	34	1.03	SCL

Таблица 5.3 — Плотность погребенных и фоновых почв ключевого участка Борисовка

Горизонт	Глубина, см	Объемная плотность, г см ⁻³	Рейтинг объемной плотности, г см ⁻³	Плотность, г см ⁻³	Пористость, %
Фоновая почва – Chernic Greyzemic Luvis Phaeozem (Loamic)					
Ah1	0–10	0,85 ± 0,09	–	2,63	68
Ah2	10–20	1,08 ± 0,17	–	2,70	60
	20–30	1,34 ± 0,14	–	2,77	52
Ah3	30–40	1,38 ± 0,06	–	2,64	48
BtAh	40–50	1,51 ± 0,08	–	2,68	44
Bt1	50–60	1,49 ± 0,21	–	2,70	45
	60–70	–	1,51	2,69	44
Bt2	70–80	–	1,51	2,66	43
	80–90	1,53 ± 0,05	–	2,69	43
	90–100	–	1,47	2,64	44
2Ahkb	100–120	1,40 ± 0,12	–	2,65	47
	120–140	–	1,40	2,68	48
	140–160	1,39 ± 0,13	–	2,22	37
	160–180	1,27 ± 0,13	–	2,65	52
2AhBkb	180–200	1,20 ± 0,13	–	2,68	55
Погребенная почва – Luvis Chernozem (Loamic)					
Ahkb	0–10	1,41 ± 0,16	–	2,64	47
	10–20	1,38 ± 0,12	–	2,62	47
	20–30	1,46 ± 0,09	–	2,68	46
ABthk1	30–40	1,46 ± 0,16	–	2,71	46
ABthk2	40–50	1,47 ± 0,29	–	2,74	46
Btkb	50–60	–	1,45	2,77	48
	60–70	1,42 ± 0,03	–	2,46	42
	70–80	–	1,38	2,63	48
2Ahkb	80–90	1,33 ± 0,29	–	2,66	50
	90–100	–	1,31	2,65	51
	100–120	–	1,31	2,60	50
2AhBkb	120–140	1,29 ± 0,04	–	2,63	51
	140–160	–	1,32	2,66	50
	160–180	–	1,32	2,65	50
	180–200	1,35 ± 0,38	–	2,62	48

Таблица 5.4 — Общие химические свойства почв ключевого участка Борисовка

Горизонт	Глубина, см	pH _{водный}	Сорг, г/100г	ЕКО, мг- экв/100 г	Обм. кис- лотность, мг- экв/100 г	CaCO ₃ , %	Фракции железа, г/кг		Индексы выветривания		
							FeO	Fed	Fed/Fet	FeO/Fed	Fec = Fed — FeO
Фоновая почва – Chernic Greyzemic Luvic Phaeozem (Loamic)											
Ah1	0–10	6.52	4.62	420.8	9.04	0.00	0.19	1.14	0.68	0.17	0.95
Ah2	10–20	6.11	3.74	–	2.68	0.00	0.19	1.23	0.75	0.15	1.04
	20–30	6.37	2.76	–	5.37	0.00	0.14	1.19	0.47	0.12	1.05
Ah3	30–40	6.67	1.93	386.8	2.68	0.00	0.12	1.20	0.61	0.10	1.08
BtAh	40–50	6.63	1.55	411.4	–	0.00	0.11	1.36	0.68	0.08	1.25
Bt1	50–60	6.87	1.20	–	–	0.00	–	–	–	–	–
	60–70	7.29	1.30	427.3	–	1.00	0.10	1.33	0.50	0.08	1.23
Bt2	70–80	6.51	0.80	–	–	0.00	–	–	–	–	–
	80–90	6.73	1.30	–	–	0.00	0.10	1.37	0.54	0.07	1.27
	90–100	6.58	0.70	388.5	–	0.00	–	–	–	–	–
2Ahkb	100–120	8.20	0.70	–	–	5.59	0.11	1.53	0.45	0.07	1.42
	120–140	8.26	0.60	1225.8	–	9.00	–	–	–	–	–
	140–160	8.42	0.90	–	–	10.30	0.10	1.60	0.56	0.06	1.50
	160–180	8.25	1.40	–	–	16.42	–	–	–	–	–
2AhBkb	180–200	8.21	1.00	1249.5	–	17.01	0.07	1.28	0.52	0.05	1.21
Кротовина	120–130	8.26	0.91	1951.2	–	11.42	0.13	1.18	0.35	0.11	1.05
Кротовина	180–190	8.02	1.90	–	–	12.60	0.11	1.48	0.72	0.07	1.37

Продолжение таблицы 5.4

Горизонт	Глубина, см	pH _{водный}	Сорг, г/100г	ЕКО, мг- экв/100 г	Обм. кис- лотность, мг- экв/100 г	СаСО ₃ , %	Фракции железа, г/кг		Индексы выветривания		
							FeO	Fed	Fed/Fet	FeO/Fed	Fec = Fed — FeO
Погребенная почва – <i>Luvic Chernozem (Loamic)</i>											
Ahkb	0–10	8.21	1.47	600.0	–	0.59	0.10	0.10	0.57	0.08	1.19
	10–20	8.39	1.26	–	–	1.50	0.10	0.10	0.52	0.08	1.14
	20–30	8.48	1.24	64.6	–	1.00	0.10	0.10	0.52	0.08	1.23
ABthkb1	30–40	8.48	0.73	623.0	–	1.21	0.09	0.09	0.54	0.07	1.36
ABthkb2	40–50	8.50	0.83	695.2	–	1.50	0.09	0.09	0.47	0.07	1.14
Btkb	50–60	8.61	0.41	–	–	1.50	–	–	–	–	–
	60–70	8.60	0.21	692.8	–	1.41	0.09	1.28	0.44	0.07	1.19
	70–80	8.60	0.31	–	–	1.00	–	–	–	–	–
2Ahkb	80–90	8.63	0.41	–	–	3.41	–	–	–	–	–
	90–100	8.62	1.04	1296.8	–	8.41	–	–	–	–	–
	100–120	8.53	1.14	–	–	8.80	–	–	–	–	–
2AhBkb	120–140	8.64	1.45	–	–	14.60	0.07	1.31	0.46	0.05	1.24
	140–160	8.65	0.93	1293.6	–	13.21	–	–	–	–	–
	160–180	8.66	0.41	–	–	16.21	–	–	–	–	–
	180–200	8.60	0.73	1277.0	–	17.60	0.06	0.91	0.32	0.07	0.85
Кротовина	177–200	8.37	1.21	973.6	–	1.89	0.12	1.37	0.59	0.09	1.25

П р и м е ч а н и е — Fet – общее содержание железа; Fed – экстрагируемое дитионитом (свободное) железо; Feo – оксалаторастворимое (активное) железо; Fes – силикатное железо (Fet–Fed); Fec – кристаллическое железо (Fed–Feo); Feo/Fed – индекс активности железа; Fed/Fes – индекс выветривания

Таблица 5.5 — Общие концентрации основных оксидов (%) и микроэлементов (ppm) в профилях погребенных и фоновых почв участка Борисовка

Horizon	Глубина, см	ППП	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
Фоновая почва – Chernic Luvic Greyzemic Phaeozem (Loamic)													
Ah1	0–10	7.05	83.08	8.02	3.13	1.02	0.70	0.12	0.75	0.82	2.25	0.15	0.02
Ah2	10–20	6.22	83.25	8.00	3.19	0.92	0.71	0.11	0.76	0.76	2.18	0.13	0.02
Ah2	20–30	5.40	80.32	9.74	4.12	1.01	0.93	0.12	0.76	0.65	2.13	0.13	0.02
Ah3	30–40	4.55	82.53	8.32	3.51	0.92	0.75	0.08	0.70	0.77	2.22	0.11	0.02
BtAh	40–50	4.25	81.80	8.40	3.73	0.86	0.78	0.07	0.69	0.74	2.13	0.08	0.02
Bt1	60–70	3.86	78.59	9.89	4.43	1.70	0.95	0.05	0.76	0.81	2.39	0.10	0.04
Bt2	80–90	3.29	79.21	9.73	4.32	0.94	0.94	0.05	0.79	0.84	2.40	0.10	0.02
2Ahkb	100–120	6.65	75.95	12.54	5.50	0.93	1.13	0.11	0.80	0.63	1.87	0.06	0.02
	140–160	8.79	69.87	11.66	4.93	7.99	1.45	0.07	0.80	0.79	2.18	0.25	0.08
2AhBkb	180–200	11.37	69.04	10.72	4.14	10.86	1.02	0.05	0.72	0.95	2.08	0.26	0.07
Кротовина	120–130	8.01	71.84	9.80	5.05	7.47	1.24	0.07	0.89	0.81	2.57	0.23	0.05
Кротовина	180–190	9.53	73.34	9.34	3.94	8.66	1.05	0.07	0.75	0.64	2.02	0.24	0.09
Погребенная почва – Haplic Chernozem (Pachic)													
Ahkb	0–10	4.68	79.47	9.16	3.93	2.24	0.83	0.07	0.75	0.81	2.33	0.15	0.05
	10–20	4.91	69.41	10.79	4.04	10.36	1.11	0.05	0.70	0.93	2.06	0.07	0.06
	20–30	4.60	83.91	9.56	4.31	2.32	0.91	0.06	0.74	0.77	2.34	0.15	0.06
ABthkb1	30–40	3.94	77.96	10.06	4.60	1.85	0.97	0.05	0.79	0.77	2.40	0.10	0.04
ABthkb2	40–50	4.36	77.49	10.16	4.25	2.97	1.05	0.05	0.77	0.72	2.44	0.17	0.05
Btkb	60–70	3.58	77.69	10.49	4.68	1.64	1.05	0.05	0.82	0.95	2.43	0.10	0.05
2Ahkb	80–90	4.85	75.32	11.03	4.47	3.18	1.28	0.06	0.81	0.88	2.38	0.15	0.05
	100–120	7.83	69.43	11.22	5.69	6.90	1.59	0.09	0.90	0.85	2.40	0.13	0.06
2AhBkb	120–140	10.79	68.63	11.54	4.65	9.71	1.16	0.07	0.74	1.02	2.12	0.09	0.07
	180–200	11.11	67.69	10.21	4.21	12.19	1.34	0.05	0.75	0.69	2.02	0.08	0.03
Кротовина	177–200	5.52	76.57	10.34	4.12	3.33	1.18	0.07	0.80	0.81	2.40	0.19	0.05

Таблица 5.6 — Характеристика органического вещества почв участка Борисовка

Почвы	Горизонт	Глубина, см	C _{орг}	C	C _{CO2}	C/N	± d, %	C _{гк}	C _{фк}	C _{гк} /C _{фк}	C _{гк} •100/C _{орг} ,%
Фоновая почва – <i>Chernic Luvic Greyzemic Phaeozem (Loamic)</i>	Ah1	0–10	2.68	4.62	3.25	9.2	17.5	23.1	20.5	1.1	23.1
		10–20	2.17	3.74	2.47	9.9	12.1	25.8	18.0	1.4	25.8
	Ah2	20–30	1.60	2.76	1.93	9.4	17.1	29.4	16.2	1.8	2.76
	Ah3	30–40	1.12	1.93	1.37	10.2	18.2	33.0	13.4	2.5	1.93
	BtAh	40–50	0.90	1.55	1.09	11.3	17.4	31.1	15.6	2.0	1.55
	Кротовина	120–130	0.53	0.91	0.38	10.6	–39.5	15.1	15.1	1.0	0.91
Погребенная почва – <i>Haplic Chernozem (Pachic)</i>	Ahkb	0–10	0.85	1.47	1.05	9.4	19.0	34.1	15.3	2.2	1.47
		10–20	0.73	1.26	0.87	10.4	16.1	31.5	17.8	1.8	1.26
	Кротовина	177–200	0.70	1.21	0.97	8.8	27.8	24.3	18.6	1.3	1.21

Пр и м е ч а н и е — C_{total} – углерод органический; ТОС – рассчитанное значение; C_{CO2} органический углерод, определяемый на основе CO₂; ± d – степень внутримолекулярного окисления; C_{гк} – гуминовые кислоты г; C_{фк} – фульвокислоты