

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ

Кафедра геохимии

БЕРЕЗИН ЕГОР ПАВЛОВИЧ
Выпускная квалификационная работа
Геохимические особенности культурных слоев района Старая Ладога

Уровень образования: Магистратура
Направление 05.04.01 «Геология»
Основная образовательная программа ВМ.5515.2021 «Геология»

Зав. кафедрой геохимии:
д.г-м.н. Профессор кафедры геохимии
Чарыкова Марина Валентиновна

Научный руководитель:
д.г-м.н. Профессор кафедры геохимии
Панова Елена Геннадьевна

Рецензент:
д.г-м.н. Профессор кафедры геологии и геоэкологии,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный педагогический
университет им. А. И. Герцена»,
Кулькова Марианна Алексеевна

Санкт-Петербург
2023 г.

АННОТАЦИЯ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ РАЙОНА СТАРАЯ ЛАДОГА

На основе обработки материалов, собранных в поселке Старая Ладога, были выполнены ряд исследований. Данные исследования помогли выявить функциональные зоны (зольники, мусорные, ремесленные и сельскохозяйственные зоны), их гранулометрический состав, содержания минеральной, органической и костной составляющих, геохимические особенности, а также сделаны выводы по поводу формирования данных слоёв.

Результаты исследований могут быть использованы для реконструкции палеогеохимических условий данной территории.

Объем работы: 73 стр., 105 рис.

Ключевые слова: культурный слой, Старая Ладога, геохимические индикаторы, костная составляющая, функциональные зоны, органическая составляющая, почво-грунты.

Based on the processing of materials collected in the village of Staraya Ladoga, a number of studies were carried out. These studies helped to identify functional zones (ash pits, garbage, handicraft and agricultural zones), their granulometric composition, the content of mineral, organic and bone components, geochemical features, as well as conclusions about the formation of these layers.

The results of the research can be used to reconstruct the paleo-geochemical conditions of this territory.

Volume of work: 73 pages, 105 fig.

Keywords: cultural layer, Staraya Ladoga, geochemical indicators, bone component, functional zones, organic component, soil-soils.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА РАБОТ	5
1.1 Географическое положение района	5
1.2 Геологические особенности района	6
1.3 История возникновения Старой Ладogi	9
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЁВ	14
2.1 Материалы и методы исследования	14
2.2 Структурно-текстурные особенности образцов	22
3. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ	31
3.1 Петрографические особенности	31
3.2 Сканирующая электронная микроскопия	33
4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЁВ	38
4.1 Макрокомпонентный состав	38
4.2 Органическая составляющая	44
4.3 Микроэлементный состав	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	72

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы при исследовании культурных слоев (почво-грунтов) на археологических объектах используют геохимические данные для реконструкции ландшафтно-климатических условий и условий жизнедеятельности.

На ряде археологических памятников на территории Российской Федерации и Европы проводились подобные реконструкции (Кулькова, 2012; 2023; Schlezinger, Howes, 2000; Holliday, Gartner 2007). В районе поселка Старая Ладога, начиная с XX в., проходили археологические исследования (Н.И. Репников, В.И. Равдоникас, В.А. Лапшин, А.Н. Кирпичников), однако геохимические данные до сих пор не использовались.

Целью работы является выявление геохимических индикаторов деятельности человека в культурных слоях (IX – X вв., XI – XIII вв., XVI – XVIII вв.) района Старая Ладога.

Для выполнения поставленной цели будут решаться следующие задачи:

1. Изучить литературные данные о геологическом строении территории и истории возникновения поселений в районе Старая Ладога;
2. Выявить структурные характеристики культурных слоёв;
3. Изучить почвенные компоненты культурных слоёв;
4. Определить геохимические особенности культурных слоёв и провести их геохимическую индикацию.

Материалом для исследования послужили образцы почво-грунтов из Земляного городища (X в) – 65 образцов; пробы шурфов (IX – X вв., XI – XIII вв., XVI – XVIII вв.) – 7 образцов и образец современной почвы – 1 образец.

Методы анализа:

- Макроскопическое исследование;
- Гранулометрический анализ;
- Петрографический анализ;
- Сканирующая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ;
- CHN – анализ;
- Дифференциальный термический анализ;
- Рентгено-спектральный флуоресцентный анализ;
- Приближённо-количественный эмиссионный спектральный анализ;
- Статистическая обработка данных.

Анализы выполнены в ресурсных центрах СПбГУ: «Рентгенодифракционные методы исследования», «Методы анализа состава вещества», «Центр микроскопии и микроанализа», а также в химической лаборатории ВСЕГЕИ.

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю Пановой Е.Г. за помощь на всех этапах выполнения диссертации, старшему преподавателю Волковой Е.В., доценту Баданиной Е.В. и профессору Чарыковой М.В. за предоставление консультаций в ходе выполнения исследовательской работы.

1. КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА РАБОТ

1.1 Географическое положение района

Крепость Старая Ладога находится в одноименном селе Старая Ладога, которое находится в Волховском муниципальном районе Ленинградской области. Село расположено в северной части района на автодороге 41А-006 (Зуево — Новая Ладога) в месте примыкания к ней автодорог 41К-194 (Старая Ладога — Кисельня) и 41К-196 (Старая Ладога — Трусово). Расстояние до административного центра района, города Волхов — 12 км.

Климат данного региона атлантико-континентальный. Для этого климата характерно мягкая зима и прохладное лето из-за морских воздушных масс с Атлантики. Средняя температура января $-8...-11$ °С, июля $+16...+18$ °С. Из-за климата количество осадков составляет около 673 мм за год. Выпадают осадки в виде дождя с мая по ноябрь, в виде снега – в конце ноября по апрель. Нередки случаи, особенно с конца ноября по декабрь выпадение осадков в виде снега и дождя. В зимнем периоде 2019-2020 можно заметить, что снега практически не было зимой, зима оказалась очень теплой из-за воздушных масс. Наибольшее количество осадков выпадает летом и осенью. (Даринский, 2001)

Данное село находится на левом берегу реки Волхов, единственной реки, вытекающая из озера Ильмень и впадающая в Ладожское озеро. Протяженность реки составляет 224 км. Село простирается вдоль реки на 5 км. Волхов имеет самую маленькую водосборную площадь в Ленинградской области, самая большая – Новгородская область. Также хочется отметить, что на реке Волхов находится Волховская ГЭС в 10 км от Старой Ладоги.

Крепость располагается на берегу реки, следовательно, характерный рельеф этой территории – низменный, высота над уровнем моря составляет 16 м. Также рядом с крепостью находится уникальное место – Танечкина пещера, в которой добывали ладожский песок для изготовления стекла. Протяженность данной пещеры составляет 5 км.

Объект находится на территории Балтийско-Ладожского уступа - глинта, который прослеживается от реки Нарвы на западе до реки Сясь на востоке. Этот уступ сложен устойчивыми карбонатными породами ордовика. Южнее глинта расположено Ордовикское плато, западная повышенная часть которого носит название Ижорской возвышенности (высота до 168 м), а восточная - Путиловского плато. Поверхность Ижорской возвышенности и Путиловского плато осложнена многочисленными карстовыми воронками и небольшими ложбинами.

С точки зрения растительности, так как Старая Ладога является селом и находится на низменности, здесь распространены луга и пашни. Распространенные растения: клевер розовый, клевер красный (луговой), одуванчик лекарственный, василек луговой, василек шероховатый, тмин обыкновенный, окопник лекарственный. Особое внимание надо уделить такому растению, как борщевик. Это достаточно опасное растение, так как масло, выделяемое этим растением, при контакте с кожей, может вызвать химический ожог на коже. Вдоль берега растут широколиственные деревья: липы мелколиственные, дубы черешчатый, клёны остролиственные и т.д. На расстоянии 2 км от села располагается лес смешанного типа (хвойные и лиственные). Распространенные деревья для таких лесов: сосна обыкновенная, можжевельник обыкновенный, ель европейская, клён остролиственный, липа мелколистная, дуб черешчатый, вязы шершавый и гладкий, ясень обыкновенный, лещина обыкновенная.

Распространенные лекарственные растения: ландыш майский, толокнянка, черника, брусника, клюква, малина, багульник, бессмертник песчаный, лапчатка прямостоячая.

С точки зрения животного мира, из-за местоположения распространен домашний скот. Также в реке Волхов обитают: белоглазка, вьюн, густера, ёрш, жерех, карась, краснопёрка, лещ, линь, налим, окунь, плотва, синец, сом, судак, уклея, щука. В лесу обитают белка, хорь, куница, крот, заяц-беляк, заяц-русак, различные грызуны, лисица, рысь, ласка. Среди птиц распространены дятел, дрозд, ворон, синица, гусь, утка, тетерев. (Киселев и др., 2002)

1.2 Геологические особенности района

Территория Ленинградской области находится в зонах двух структур: Балтийский кристаллический щит и Балтийская моноклиза. Балтийский кристаллический щит состоит из магматических и метаморфических горных пород, а Балтийская моноклиза в основном состоит из мало измененных осадочных горных пород, которые начали образоваться 600 млн. лет назад во второй половине докембрийского периода – в венде. На протяжении многих лет на данной территории были и морские трансгрессии, и регрессии, и, во время регрессий, эта область превращалась в сушу. В вендском периоде море наступало с востока и запада. После венда начался ранняя Палеозойская эра, в которую входят кембрий и ордовик. С этого времени море наступало только с запада. Также в Ленинградской области есть обнажения девона. Это объясняется тем, что после ордовика произошла регрессия моря и, во время девона, произошла трансгрессия моря, и опять началось осадконакопление. И около 300 млн. лет назад море на территории Ленинградской области окончательно регрессировало. Начиная с этого времени осадконакопление, вплоть до четвертичного периода Кайнозойской эры, прекратилось, начались процессы выветривания, речной эрозии, деятельности ледников, которые постепенно разрушали осадочные горные породы. Современные очертания рельефа Ленинградской области приобрела 11—10 тысяч лет назад.

В наше время данную территорию можно разделить на пять зон: Предглинтовая низменность, Балтийско-Ладожский глинт, Ордовикское плато, Девонская равнина и Валдайско-Онежский глинт. Так как мы изучаем территорию района Старой Ладogi, следовательно мы должны рассмотреть ту зону, на которой находится район. Это территория Балтийско-Ладожского глинта. (Геология окрестностей Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. URL: http://paleostratmuseum.ru/stud_coll_balt_geol_edu_1.html)

Балтийско-Ладожский глинт представляет собой естественный денудационный уступ, к которому и приурочены естественные выходы осадочных горных пород нижнего палеозоя – кембрия и ордовика. Глинт имеет, в целом, протяженность более 1000 км. Балтийско-Ладожский глинт прослежен на суше от реки Сяси на востоке Ленинградской области до города Палдиски на западе Эстонии, еще западнее он погружается под воды Балтийского моря и обнаруживается снова на о. Эланд у восточного побережья южной Швеции. На российскую часть глинта приходится около 300 км. По территории Ленинградской области он простирается в 15-25 км к югу от Финского залива, реки Невы и Ладожского озера. Граница между Балтийской и Ладожской частями глинта проходит по водоразделу рек Мги и Тосны.

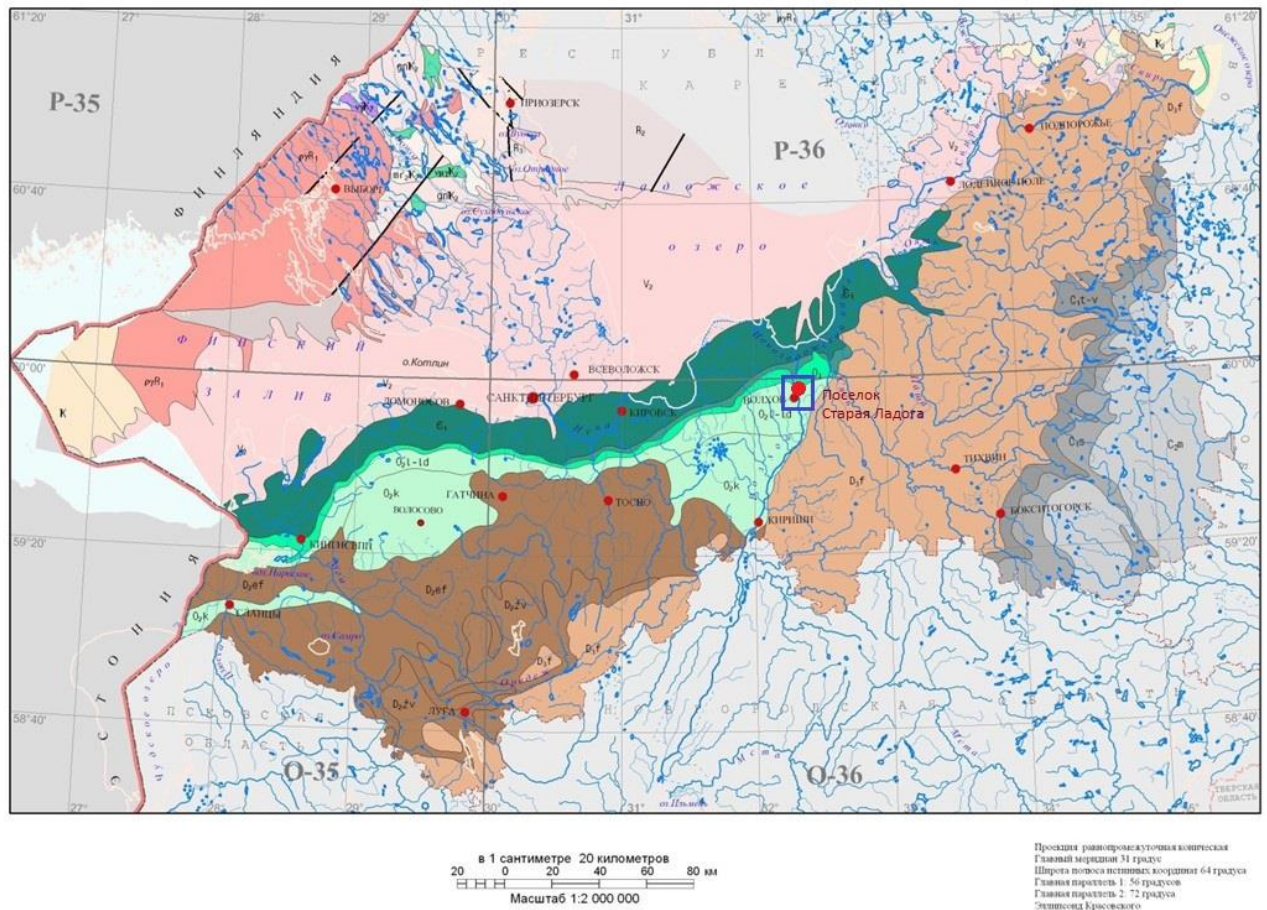


Рис 1.1. Геологическая карта дочетвертичных образований Ленинградской области

На территории Старой Ладogi встречаются породы кембрия, ордовика и четвертичные отложения. К кембрийским отложениям относятся породы Сиверской (Є_{1sv}), Саблинской (Є_{2sb}) и Ладожской свитам (Є_{3ld}). Сиверская свита состоит из глин серо-голубого цвета. Данные глины представляют из себя слоистую породу из глинистых алевритов с прослоями алевритистых глин. (Вербицкий и др., 2012) Саблинскую свиту можно поделить на три подсвиты: нижняя, средняя и верхняя. Нижняя подсвита состоит из чередования тонких пластов с горизонтальной слоистостью очень хорошо сцементированного кварцевого песчаника. Цвет - красный, что связано со вторичными изменениями аксессуарных сульфидов. Средняя подсвита представлена кварцевым песчаником с косой разноплановой слоистостью и с частыми зонами ожелезнения из-за гидроокислов железа. Верхняя подсвита состоит из кварцевого песчаника с мульдообразной слоистостью. Ладожская свита сложена преимущественно светлоокрашенными, нередко белыми или светло-серыми кварцевыми песчаниками (мелко- и среднезернистые кристаллы) с обильной примесью обломков раковин органно-фосфатных беззамковых брахиопод с мульдообразной косой слоистостью.

К ордовикским отложениям относятся породы Тосненской (O_{1ts}), Копорской (O_{1kr}), Лэзтеской (O_{1lt}), Волховской (O_{2vl}) и Обуховской (O_{2ob}) свит. Тосненская свита сложена песчаниками (раковины *Obolus* и кварц) с косой или мульдообразной слоистостью. Копорская свита представлена диктионемовыми сланцами. Диктионемовые сланцы – это осадочная, глинистая сцементированная порода (аргиллит) темно-серого, почти черного, цвета,

тонкослоистая, тонкоплитчатая. (Гавриленко и Панова, 1998) Леэтсеская свита состоит из глауконитового песчаника и пестрых тонкоплитчатых известняков.

Волховскую свиту можно поделить на три подсвиты: нижняя (по-другому «дикари»), средняя («желтяки») и верхняя («фризы»). «Дикари» представлены массивными, доломитизированными, мелкокристаллическими, слабоглинистыми известняками зеленовато-серой окраской с красновато-коричневыми и желтыми пятнами и полосами, с прослоями глин. «Желтяки» сложены тонкими плитами мелкозернистого, органогенного, глинистого известняка с прослоями глин и мергелей. Имеют пеструю окраску с преобладанием желтых, красновато-фиолетовых пятен и разводов. «Фризы» сложены переслаиванием светлоокрашенных зеленовато-серых глауконитовых известняков с бордово-серыми, реже зеленовато-серыми глинами. Окраска пород зеленовато-серая с бледно-сиреневым оттенком и местами с желтыми пятнами и полосами.

Обуховская свита слагается «ортоцератитовыми» известняками, местами слабо доломитизированными, глинистыми. Породы серого, светло-серого цвета, с красноватыми и зеленоватыми оттенками, с большим количеством головоногих моллюсков - ортоцерасов и эндоцерасов

Четвертичные отложения данной системы покрывают большую часть Ленинградской области. (Рис 1.2.) В возрастном отношении они подразделяются на плейстоцен и голоцен.

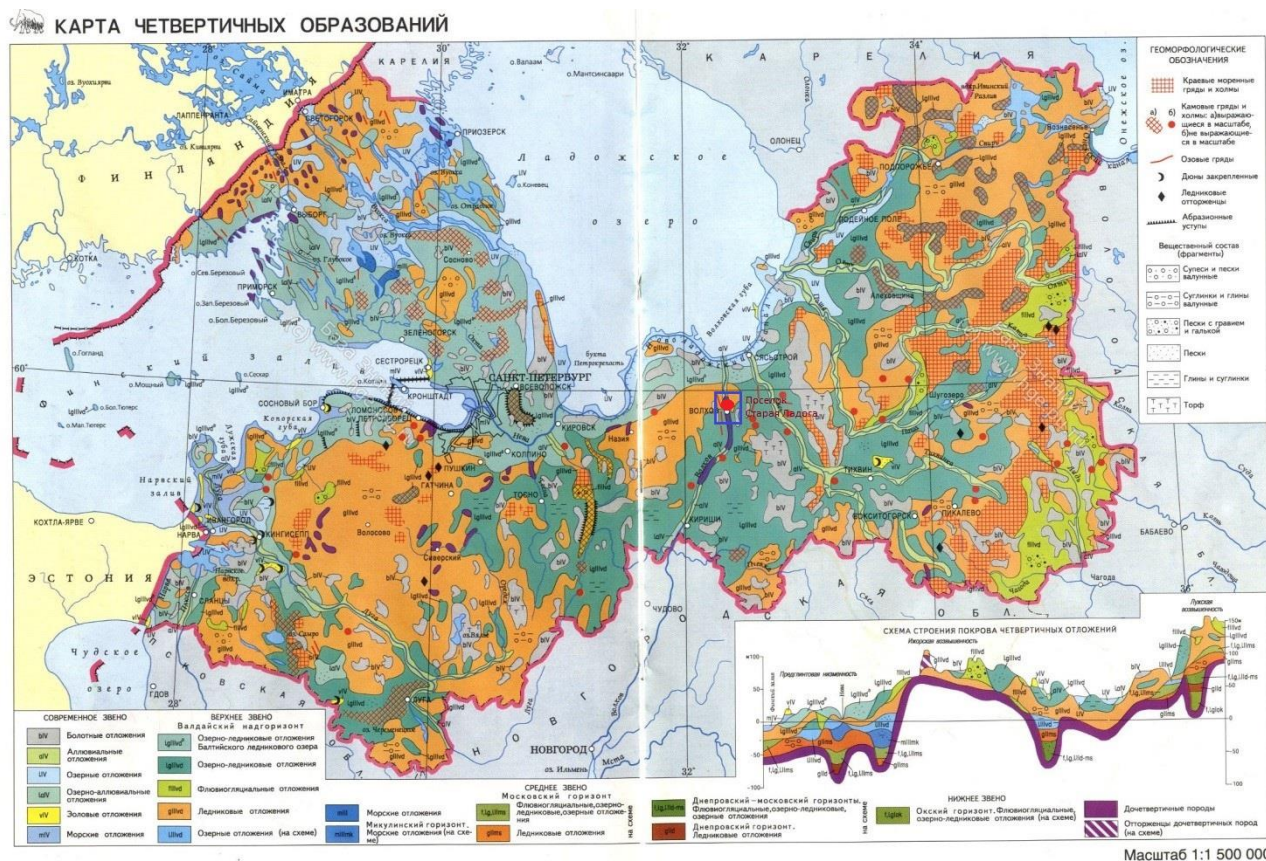


Рис 1.2. Геологическая карта четвертичных образований Ленинградской области

Основную часть разреза слагают моренные отложения, которые состоят из смеси глины, песка и валунов, и водно-ледниковые отложения. Мощности морен достигают до первых десятков метров.

Водно-ледниковые отложения по условиям образования разделяются на флювиогляциальные и озерно-ледниковые.

Флювиогляциальные отложения представляют собой разнородные пески с включениями гравия, гальки и валунов, озерно-ледниковые - песками, супесями и глинами, которые формируют ленточные строения.

Из четвертичных континентальных отложений можно выделить торфяно-болотистые и сапропелевые отложения. Их мощность может достигать до 10 м. На побережьях Финского залива и Ладожского озера распространены песчаные эоловые отложения. Самыми молодыми отложениями развиваются вдоль рек - аллювиальные.

1.3 История возникновения Старой Ладogi

Для того чтобы рассмотреть появление людей на данной территории, я должен затронуть такое понятие, как периодизация. Периодизация – деление истории человечества на большие, существенно отличающиеся друг от друга эпохи. У археологов, в отличие от историков, в основу деления лежат материалы, с помощью которых наши предки делали орудия труда. И рассматривая с этой точки зрения археологи делят всю историю человечества на три большие периода: каменный, бронзовый и железный века. (Турецкий и Васильева, 2007)

Первый материал, с помощью которого человек смог создать первое орудие труда, является камень. Предполагают, что первые каменные орудия труда появились приблизительно 2 млн. лет назад. Следовательно, каменный век берет своё начало 2 млн. лет назад. С течением времени техники обработки камня совершенствовалась и менялась. Из-за этого каменный век делят на палеолит (древнекаменный век), мезолит (среднекаменный век) и неолит (новокаменный век). (Турецкий и Васильева, 2007)

Между каменным и бронзовым веками был промежуток, который называют энеолит (медно-каменный век). Он характерен тем, что в этом периоде человек научился добывать первый металл – медь и её сплавы – бронза. Хотя человек и получил металл, но первоначально его использовали для изготовления украшений, поэтому основным материалом для орудий труда остался камень.

Далее наступил бронзовый век. Бронза – это сплав меди с оловом, свинцом, сурьмой. В отличие от меди, данный материал был прочнее. Главные плюсы бронзовых орудий труда от каменных в следующем: они прочнее и долговечнее; если каменное орудие труда сломается, то делали новое орудие, а бронзовые дали возможность чинить это же орудие.

В VIII–VI вв. до н.э. известные месторождения меди были практически исчерпаны, и человечество искало новый материал. И этим материалом стал железо. С VI в. до н.э. началась новая эпоха – ранний железный век, которая длилась вплоть до эпохи средневековья. Этот период ещё называют «поздним железным веком», но данный термин современными археологами не употребляется. Именно этот период является последним, который изучает наука археология. Я хочу рассмотреть историю заселения территории Старой Ладogi по этапам.

На территории Ладожского озера появление первых людей археологи датируют в эпоху неолита. Я хочу подробно разобрать данный период. Данный период английский археолог Г.Чайлд назвал «неолитическая революция». Объяснялось это тем, что в южных регионах Евразии произошло изменение и трансформация типов хозяйства: от присваивающего, к

которому относят собирательство, охота, рыболовство, к производящему, к которому относят земледелие и скотоводство. Этот процесс привел к колоссальным изменениям жизнедеятельности человека. В лесных и холодных регионах, где из-за климата и леса не могли проходить окультуривание злаков и одомашнивание животных, происходили другие, не менее важные, изменения. Для приготовления новых орудий из твердых пород камня человек начинает использовать новые технологии: шлифование и полирование. Новые инструменты, которые были сделаны с помощью новых технологий, такие как: топоры, тесла, долота – позволили создавать новые постройки домов и средства передвижения: сани, лыжи, лодки. Также появилась новая технология, позволявшая усовершенствовать ножи, наконечники стрел. Она называется двусторонняя обработка. С помощью неё улучшилась охота и кожевничество. Также в этот период появляется гончарство. Изготовление глиняной посуды позволило хранить запасы и готовить еду. В регионах, которые находились около озер и рек, люди чаще занимались рыболовством, что ввело к относительной оседлости. Поэтому некоторые специалисты считают, что в эпоху неолита начинают складываться этнические общности Евразии: на севере, в лесных районах, появляются протофинно-угорские, а в южных, степных районах – протоиндоевропейские.

Территория Приладожья была покрыта непроходимыми девственными лесами, которые подступали вплотную к берегам рек. Но вдоль рек находили небольшие участки, поляны, в которых начали поселяться первые племена. Именно на этих участках заселялись протофинно-угорские и протосаамские племена. (Распопов и др., 1969) Древние следы стоянок выявлены на обоих берегах реки Волхова. Для этих стоянок характерно то, что они располагались на береговых террасах Волхова. Например, стоянка «Под Сопкой» в Велеше, Стрелка крепостного мыса южнее Никольского монастыря. (Распопов и др., 1969)

В книге И.М. Распопова, В.Б. Вилинбахова, Э.М. Гореловой, В.А. Кирилловой «Ладога», написанной в 1969 г., описываются эти поселения следующим образом: «Поселения были небольшими. Они состояли из нескольких углубленных в землю, круглых жилищ диаметром в 3—5 м. Жилища имели коническую крышу из жердей, покрытую сверху шкурами и утепленную землей. Жили в них, вероятно, только зимой. Летом жилищем служили шалаши из жердей, покрытые сверху корой и шкурами. Рядом, под открытым небом, устраивали очаги из камней. Запасы хранились в кладовых — ямах, расположенных обычно в непосредственной близости от жилищ».

На археологических раскопках, которые проходят на территории Приладожья, археологи находят орудия, которые характерны в том периоде. Мелкие орудия обычно создавались из кремния, а крупные, такие как топоры, тесла, долота, из более твердых горных пород: гранит, сланцы, кварцит. А крючки для рыбалки, наконечники стрел обычно изготавливались из кости (Гавриленко, Панова, 1998).

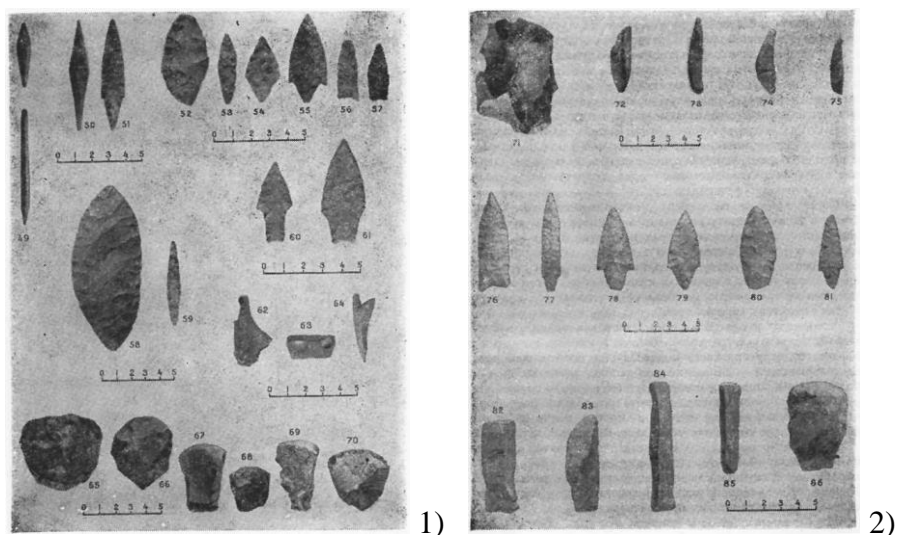


Рис. 1.3. Образцы наконечников стрел, тесел, скребков (Распопов и др., 1969)

Также на археологических раскопках можно часто встретить керамику с ямочными орнаментами, которые типичны для протосаамских и протофинно-угорских племен. К интересным находкам того периода можно отнести открытие русского ученого А.А.Иностранцева. На берегу Ладоги он обнаружил деревянный челн, который был изготовлен из толстого дубового ствола. Хотя в Приладожье памятники неолитического искусства не такие масштабные, как святилище первых людей на берегу Онежского озера, но ученые предполагают, что культура неолитических племен Приладожья и неолитических племен Прионежья были близки друг другу. (Распопов и др., 1969)

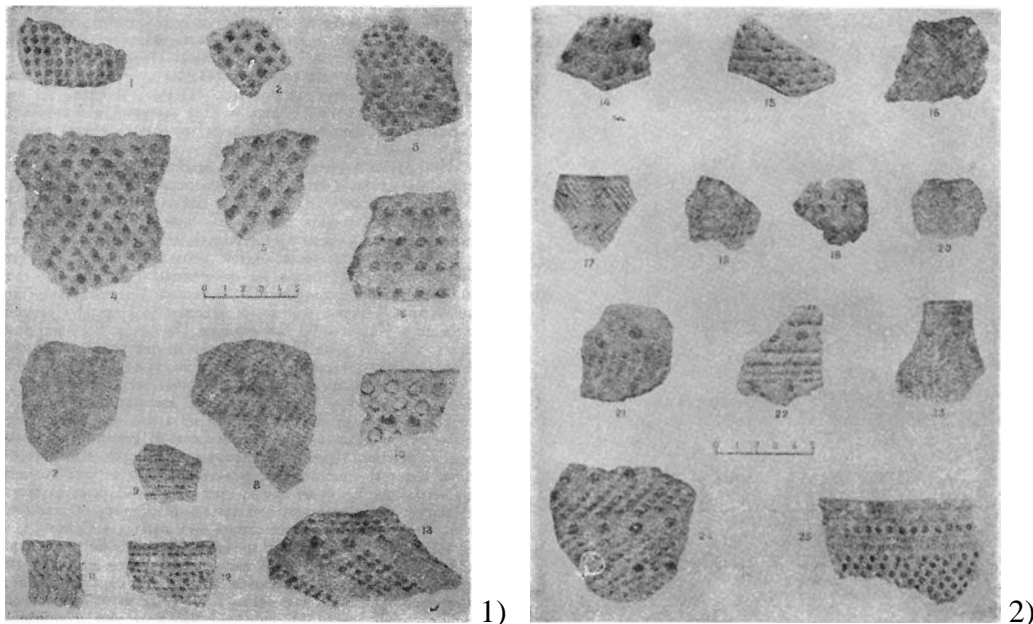


Рис 1.4. Фрагменты керамики с ямочным орнаментом. (Распопов и др., 1969)

К началу первого тысячелетия н. э. на территории Ладоги располагали небольшие поселения финно-угорских племен, например, карелы, емь и водь. Как племена живущие рядом с лесом и озером, данные финно-угорские племена занимались охотой и рыболовством, а также собирательством, например бортничество (сбор меда). (Распопов и др., 1969)

Но начиная с VII в. все кардинально изменилось, так как по данной территории проходили торговые пути. Самым главным на тот момент был волго-балтийский торговый путь (этот путь археолог В.И.Равдоникас назвал путем «из варяг в арабы»). Данный путь связывал Западную Европу и арабский Халифат торговыми отношениями. Этот путь начинался с Балтийского моря. Потом он проходил по Финскому заливу и по реке Неве доходил до Ладожского озера. И после Ладожского озера идет разветвление: первый путь проходил через Онежское озеро с помощью реки Свирь и с помощью речных систем доходил до верховьев реки Волги; второй путь проходил через озеро Ильмень с помощью реки Волхов и также по системе рек доходил до верховьев Волги. Здесь можно понять, что эти пути проходили по Волге и далее корабли плыли до Каспийского моря, где на южных берегах располагались города Халифата. Путь «из варяг в арабы» затрагивал и города Булгар, и города Хазарского каганата, причем Хазарский каганат был посредником в арабской торговле. К сожалению, этот торговый путь прекратил своё существование в конце X века, т.к. торговые отношения были нарушены в связи с князем Святославом, который вел войну против Волжской Булгарии и Хазарского каганата. (Распопов и др., 1969)



Рис. 1.5. Карта Великого Волжского пути (путь «из варяг в арабы») ([Электронный ресурс].URL:<https://diletant.media/upload/medialibrary/c5a/c5a926ead6497f29dbfbfe322ff711a6.webp>)

Именно с появлением волго-балтийского пути на территории Ладоги начинают появляться небольшие группы славян пришедшие с запада. С ростом влияния торгового пути всё больше и больше на данную территорию переселяются группы народов. В отличие от финно-угорских племен, которые занимались охотой и собирательством, славяне, помимо этого, могли заниматься земледелием. Постепенно славяне, у которых появились зачатки феодального уклада, подчинили себе финно-угров, у которых родо-общинный строй остался

неизменным, тем самым их влияние на Ладоге и на волжско-балтийский путь усилился. И с этого времени начинается расцвет славянских племен. (Распопов и др., 1969).

наличия костных остатков домашнего скота, здесь располагались загоны и стойла для рогатого скота. Поэтому в культурных слоях встречается большое количество фосфора.

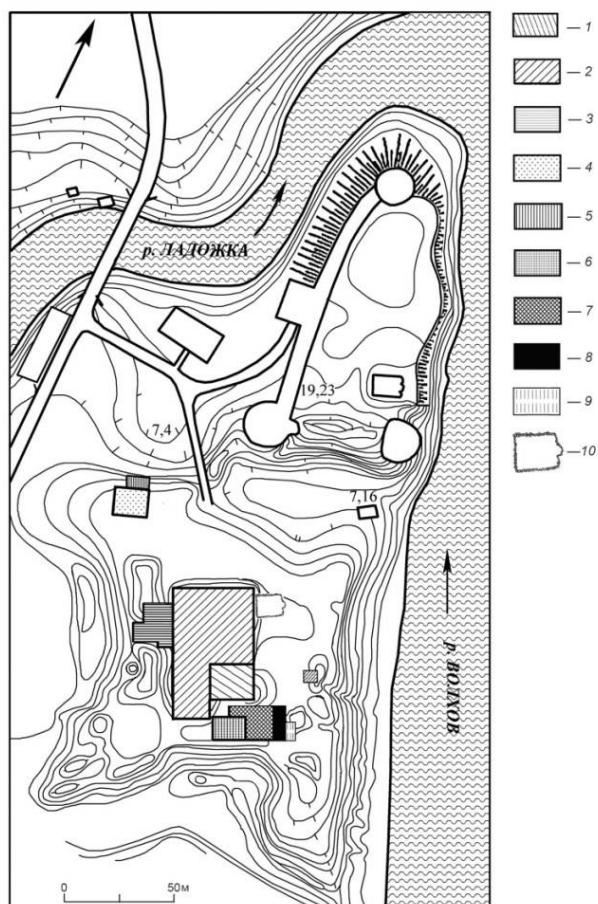


Рис 2.2. Сводный план раскопов на Староладожском Земляном городище с 1911 г. по настоящее время.

Составлено по данным Н. В. Григорьевой.

Примечание: **1** — 1911–1913 гг. (Н. И. Репников);

2 — 1938–1940, 1945, 1947–1950, 1957–1959 (В. И. Равдоникас);

3 — 1973–1975, 1981–1985 (Е. А. Рябинин);

4 — 1984–1991 (А. Н. Кирпичников);

5 — 1992–1998 (А. Н. Кирпичников);

6 — 1999–2005 (А. Н. Кирпичников);

7 — 2006–2010 (А. Н. Кирпичников);

8 — 2011–2013 (А. Н. Кирпичников);

9 — с 2016 г. по н. в. (В. А. Лапшин);

10 — церковь св. Климента, исследованная раскопками 1912–1913 гг. (Н. И. Репников), 1938–1940 гг. (В. И. Равдоникас), 1979 г. (П. А. Раппопорт, Л. Н. Большаков). (Кирпичников, 2018).

На территории раскопа археологи определили возраст почво-грунтов, что соответствует X в. Раскопки проводились летом 2018 г. Для исследования были отобраны 65 образцов и была составлена схема расположения этих проб (рис 2.3). Прделав макроскопическое

исследование, для дальнейшего исследования были взяты 10 проб, которые характеризовали три типа культурных слоёв на данном раскопе – зольники, коричневые и черные почвы.

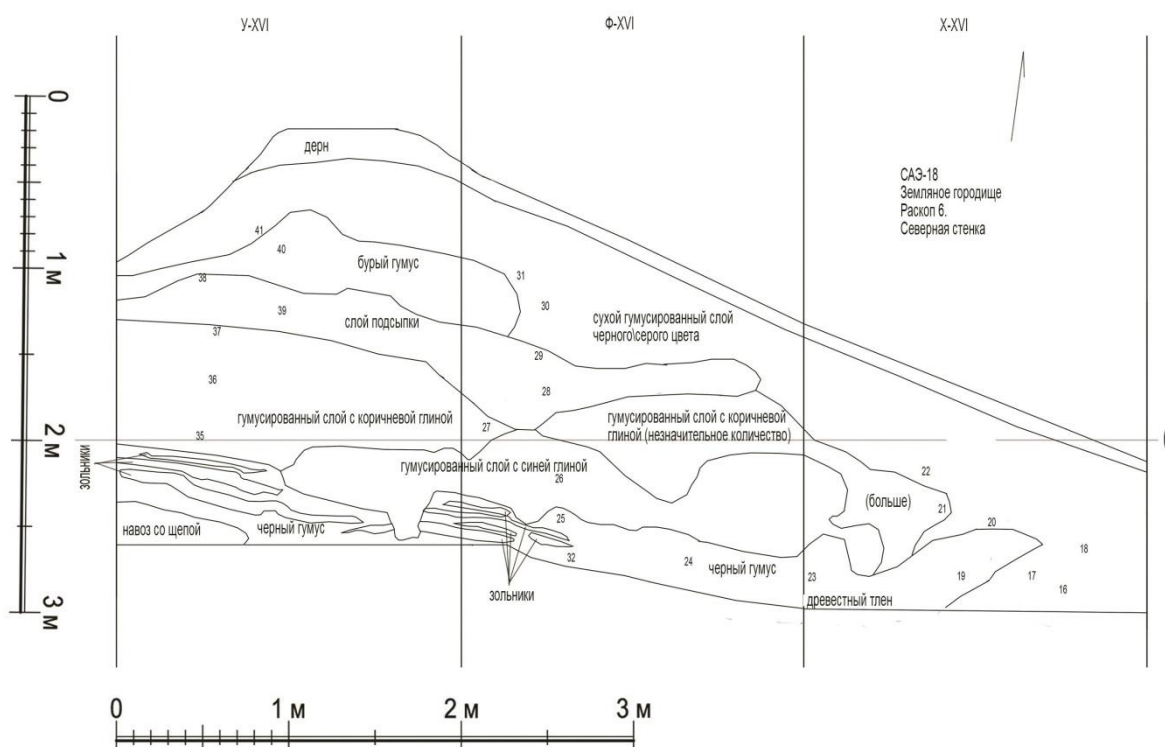


Рис 2.3. План раскопа № 6

Зольник – это почва светло-серого цвета, которая насыщена золой разного происхождения. Зола может состоять из остатков костной, ткани, жертв приношения, бытовой мусор и т.д. Образцы, которые имеют данный цвет: 25, 32, 33, 34. Коричневый цвет почвы можно объяснить тем, что почва богата органическим гумусом. Также в данных образцах была найдена древесина, которая тоже могла придать цвет почве. Коричнево-бурый цвет имеют почвы с высоким содержанием иллита, слюдистых минералов, смеси в разной степени гидратированных оксидов железа. Образцы, которые имеют данный цвет: 44, 52, 56. Почвы темно-серого и черного цветов богаты гумусом. Также оттенок культурного слоя можно объяснить наличие некоторых сульфидов, гидроксидов железа и марганца, темных первичных минералов, древесного и каменного углей. Образцы, имеющие данный оттенок: 45, 46, 51. Также была отобран образец современной почвы.

На севере и юге села Старая Ладога были сделаны шурфы, из которых были отобраны образцы. Культурные слои были отобраны в 2020 г. Из каждого шурфа были отобраны четыре образца.



Рис 2.4. Места отбора проб из шурфа № 17 (южная часть села Старая Ладога)

Примечание: 1 – 171 проба;
2 – 172 проба;
3 – 173 проба;
4 – 174 проба.



Рис 2.5. Места отбора проб из шурфа № 21 (северная часть села Старая Ладога)

Примечание: 2 – 212 проба;
3 – 213 проба;
4 – 214 проба.

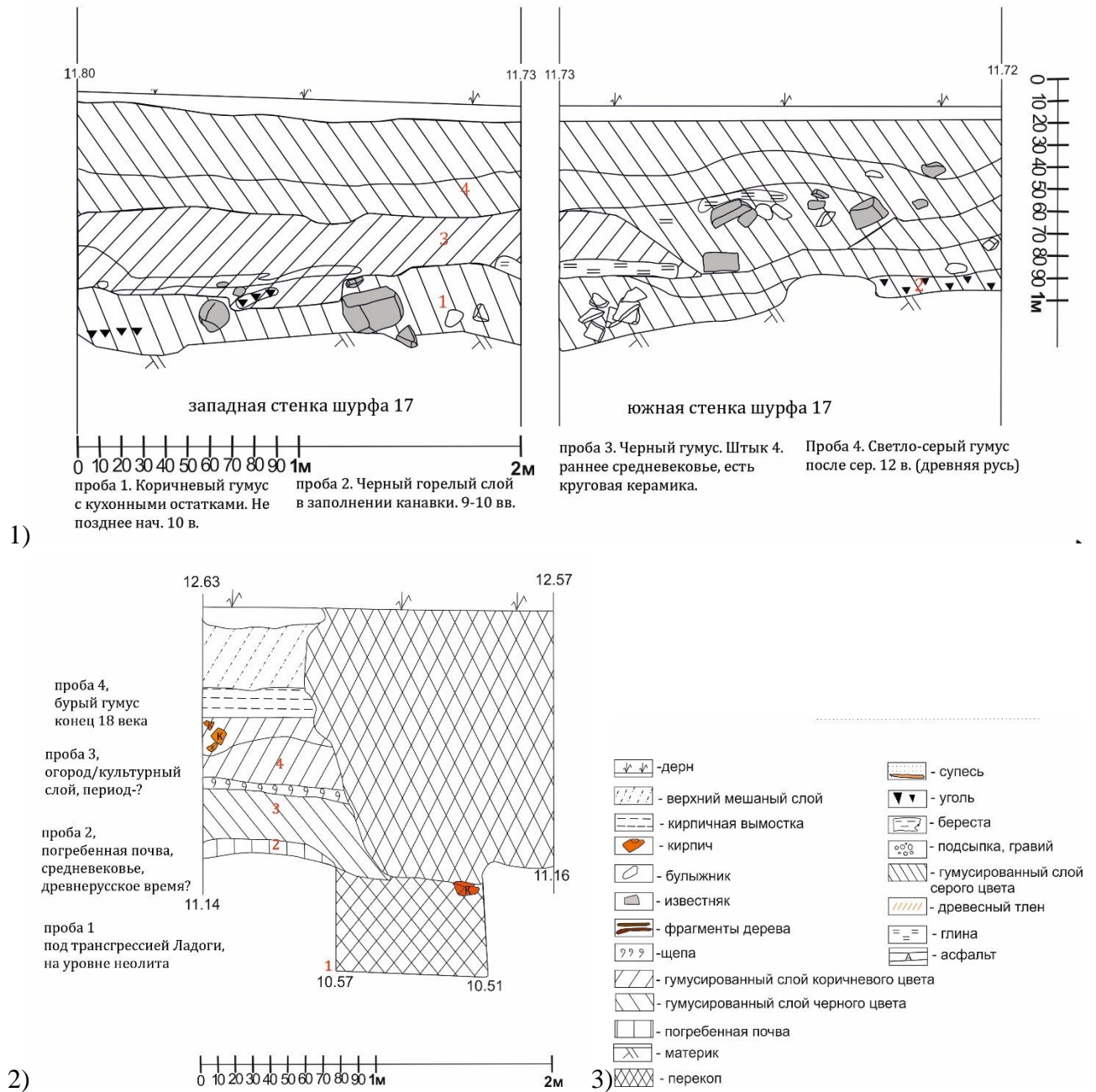


Рис 2.6. Схемы шурфов.

Примечание: 1) Схема шурфа № 17;

2) Схема шурфа № 21;

3) Условные обозначения схем.

Из выше перечисленного можно сказать, что к материалам исследования относятся: пробы из раскопа Земляного городища – 10 шт., проба современной почвы – 1 шт., почвы из шурфа № 17 – 4 шт., почвы из шурфа № 21 – 3 шт.

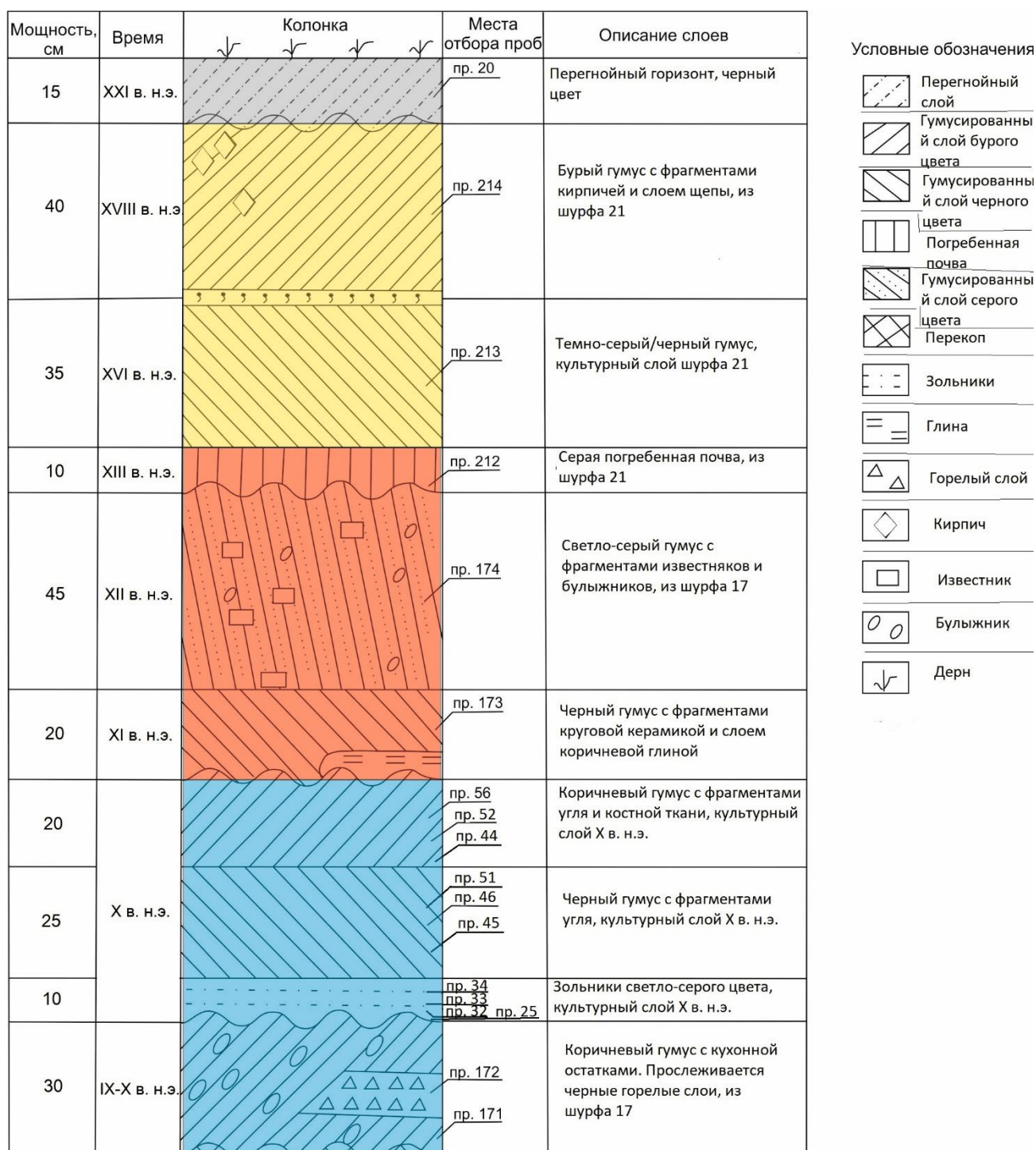


Рис 2.8. Сводный разрез по археологическим раскопкам района Старой Ладogi

По временным данным, которые у нас есть, можно составить сводный разрез почво-грунтов, который составлен от современной до самой древней почвы. Далее мы можем выделить несколько групп, которые будут характеризоваться по времени их образования. 1 группа – современность, в которую входит проба № 20. 2 группа – XVI-XVIII вв., в неё входят пробы 214 и 213. 3 группа – XI-XIII вв., состоит из проб 212, 174, 173. 4 группа – IX-X вв., здесь собрались пробы из раскопа и пробы 172 и 171.

Также можно выделить функциональные зоны, в которых было распространены определенные виды деятельности. По культурным слоям можно выделить четыре зоны:

зольники (32, 33, 34), сельскохозяйственные (214, 45, 46), ремесленные (173, 25, 44, 52), мусорные (174, 172, 171, 212, 213, 51, 56).

Далее рассмотрим методы, которые будут использоваться для изучения почво-грунтов, а также рассмотрим, как они работают.

Гранулометрический анализ – это один из методов анализа грунта и почвы, который позволяет определить, какая фракция распространена в образце. Для анализа используют систему сит. С помощью сит образцы были разделены на следующие фракции: >2 мм; 1-2 мм; 0,5-1 мм; 0,25-0,5 мм; 0,1-0,25 мм; 0,05-0,1 мм; <0,05 мм.

Следующий метод, который мы рассмотрим, это петрографический анализ. Для петрографического анализа использовался поляризационный микроскоп Leica DM750 P, который находится в ресурсном центре СПбГУ «Центр микроскопии и микроанализа». Суть метода состоит в том, что создается шлиф пробы – тонкий срез образца, который приклеен канадским бальзамом на стеклышко, и с помощью микроскопа рассматриваются и определяются минералы, породы и разные включения. Эти образцы смотрятся в параллельных никелях, когда мы можем увидеть естественный цвет образца, и в скрещенных никелях, когда мы видим интерференционную окраску минерала.

Далее проводились микрорентгеноспектральные исследования. Они включали проведение сканирующей электронной микроскопии для выявления микротекстур, микроструктур и характера порового пространства, а также проведение микроанализа для определения состава породы и ее отдельных минеральных фаз.

Исследования выполнены в ресурсном центре СПбГУ «Микроскопии и микроанализа» на приборе Hitachi. Настольный растровый электронный микроскоп-микроанализатор TM 3000 (HITACHI, Япония, 2010) имеет компактные размеры. Прибор оснащен приставкой энерго-дисперсионного микроанализа OXFORD, что существенно расширяет круг решаемых задач.

Режим низкого вакуума позволяет исследовать непроводящие образцы без предварительного напыления. Удобный графический пользовательский интерфейс и простота в обслуживании позволяют использовать его для выполнения большого объема работ.



Рис 2.9. Общий вид настольного растрового электронного микроскопа-микроанализатора TM 3000 (HITACHI, Япония)

Изучение микротекстур и микроструктур с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ-анализ) выполнено с использованием растрового электронного микроскопа, который предназначен для получения изображения объекта с высоким пространственным разрешением. Метод основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом. Это позволяет работать в диапазоне увеличений от 40х до 10 000х, что в сотни раз превышает предел увеличения оптического микроскопа. Для зондирования поверхности используется сканирование по ней сфокусированного пучка электронов. Для формирования изображения используется детектирование различных сигналов, включая вторичные электроны, обратно рассеянные электроны, рентгеновское излучение и ток через образец.

Информация о составе образца получается при выборе точки исследования, установке в ней электронного пучка, выборе элементов для определения и получении спектра содержаний химических элементов. Чем больше содержание элемента в пробе, тем выше пик элемента на спектре. Расшифровка спектра происходит автоматически при сравнении анализируемой пробы с внутренними эталонами. Кроме того, информация со спектра дублируется данными в таблице состава в пересчете на 100%.

Макро- и микрокомпоненты почв анализировались в лаборатории спектрального анализа Центральной лаборатории ВСЕГЕИ. Метод анализа называется приближённо-количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ (ПКЭСА). Пробоподготовка для этого анализа состоит из нескольких этапов. Сначала, пробы просушиваются в сушильном шкафу при температуре 105 °С до состояния постоянной массы. Далее пробы истираются до аналитической пудры. Истиранию подвергаются все фракции. Следующий этап – это прокаливание проб. Анализируемые пробы содержат большое количество органического вещества, которое может помешать при анализе. Поэтому, почву прокаливают при температуре 480 – 520 °С. Готовую пробу отправляют на анализ. Для определения содержания химических элементов применяется аналитический комплекс с испарением из канала угольного электрода. Возбуждение спектров производится в плазме дуги переменного тока. Источником дугового разряда является генератор ИВС-28. Для регистрации спектров применяется спектрограф СТЭ-1, оснащённый многоканальным анализатором оптического спектра МАЭС (изготовитель ООО "Оптоэлектроника", г. Новосибирск, Россия). Изображение спектра, получаемое на выходе спектрографа СТЭ-1, формируется на фоточувствительной поверхности линейки фотодиодов.

Данный анализ был проведен в ресурсном центре СПбГУ «Методы анализа состава вещества» с помощью элементного анализатора Euro EA3028-NT для одновременного определения С, Н, N.



Рис. 2.10. Общий вид элементного анализатора Euro EA3028-НТ для одновременного определения С, Н, N (Италия).

Прибор состоит из трех частей: 1) Автосэмплер; 2) Реакторный блок / нагревательная печь; 3) Детектор / термостат колонки / ГХ колонка. Работа анализатора строится на методе Дюма-Прегля. Берется проба и загружается в автосэмплер. Потом попадает реакторный блок, состоящий из кварцевой трубки с катализаторами под высокой температурой. Эта проба сгорает в присутствии кислорода, из-за чего образуются следующие соединения: $C + O_2 \rightarrow CO_2$, $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$, N в виде N_2 . Эти соединения поступают в хроматографическую колонку, где разделяются на отдельные компоненты, и фиксируются детектором. Результаты приводятся в массовых долях. (Научный парк. Методы анализа состава вещества [Электронный ресурс]. URL: <https://researchpark.spbu.ru/equipment-analyt-rus/211-masv-ea3028-rus>)

Также проводился метод дифференциально-термического анализа. Этот метод позволяет определить, при какой температуре сгорает то или иное вещество в пробе, при каких температурах, сколько этого компонента в пробе. Для этого анализа используют пробу и эталон. В нашем случае почва. Их помещают в два тигля и вместе они находятся в печи. Каждый пик при анализе пробы фиксируют. После анализа выдают данные, в которых показана кривая термического эффекта.



Рис 2.11. Дифференциальный сканирующий калориметр Netzsch «STA 449 F3» (Германия)

2.2 Структурно-текстурные особенности образцов

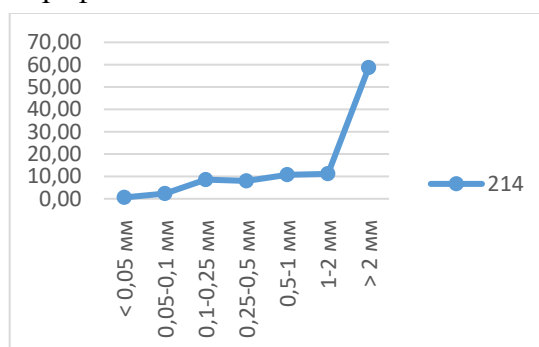
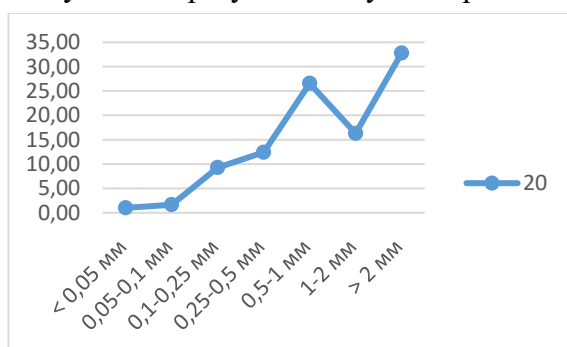
Для характеристики образцов культурных слоев нужно провести гранулометрический анализ. Данный анализ проводился с помощью системы сит. В таблице 2.1. представлены результаты анализа, которые были пересчитаны на 100%.

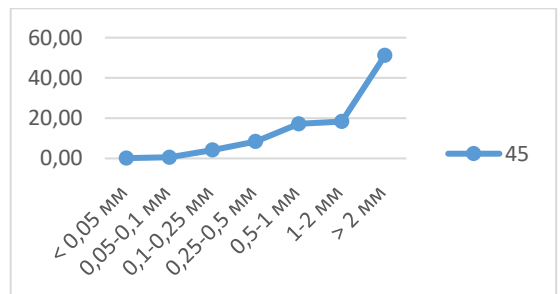
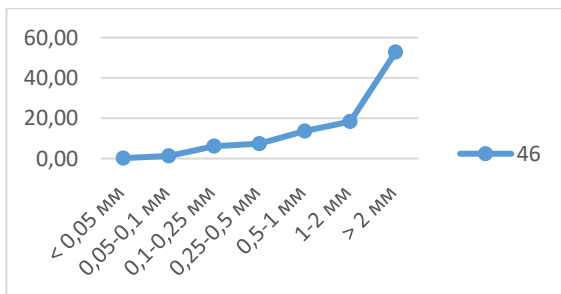
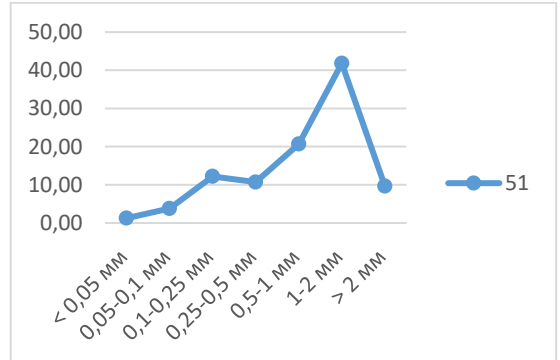
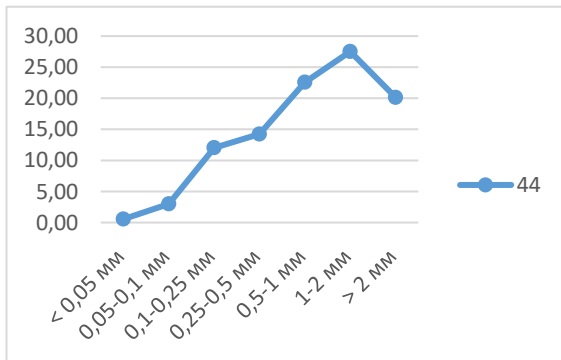
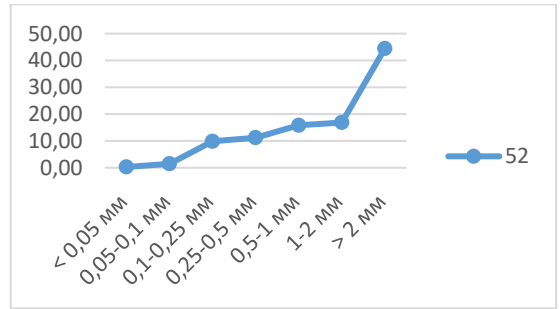
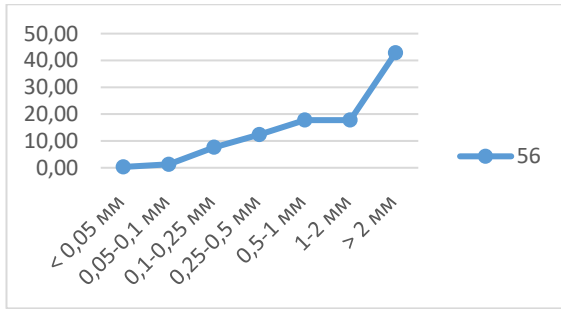
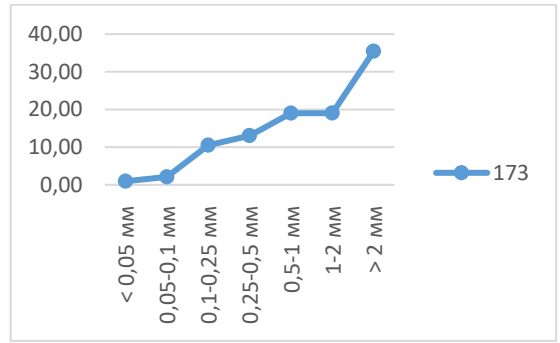
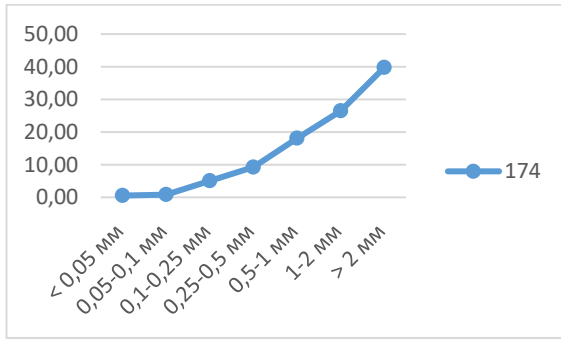
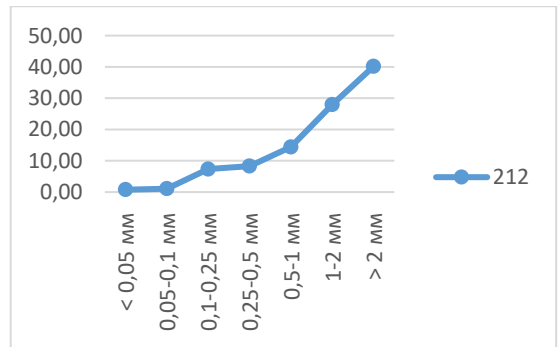
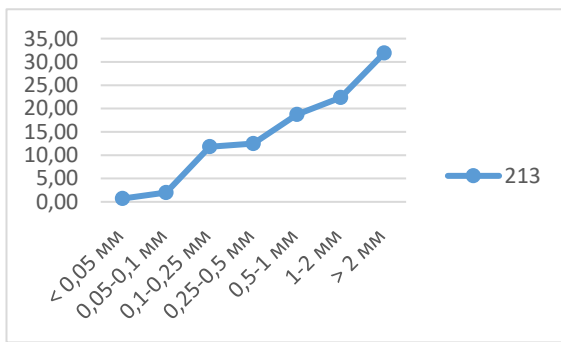
Таблица 2.1.

Результаты гранулометрического анализа, в отн. %

Номер образца	< 0,05 мм	0,05-0,1 мм	0,1-0,25 мм	0,25-0,5 мм	0,5-1 мм	1-2 мм	> 2 мм
20	1,00	1,66	9,28	12,41	26,56	16,29	32,80
214	0,59	2,30	8,56	7,97	10,72	11,17	58,69
213	0,70	1,99	11,82	12,49	18,74	22,35	31,90
212	0,76	1,07	7,34	8,29	14,41	27,97	40,16
174	0,55	0,82	5,06	9,25	18,10	26,46	39,76
173	0,94	2,08	10,50	13,04	19,01	19,02	35,41
56	0,32	1,27	7,62	12,38	17,78	17,78	42,86
52	0,30	1,49	9,85	11,19	15,82	16,87	44,48
44	0,55	2,99	12,03	14,23	22,56	27,52	20,13
51	1,23	3,79	12,18	10,70	20,66	41,81	9,63
46	0,22	1,32	6,17	7,38	13,66	18,39	52,86
45	0,14	0,58	4,19	8,38	17,20	18,35	51,16
34	0,30	8,18	25,25	17,79	19,64	15,28	13,55
33	0,64	14,70	20,93	13,10	15,97	16,45	18,21
32	0,11	5,46	17,75	15,55	18,91	20,80	21,43
25	0,67	2,93	11,79	15,55	11,71	18,31	39,05
172	0,75	20,32	5,45	7,27	13,81	20,45	31,95
171	0,40	1,85	16,78	21,90	19,96	22,92	16,19
211	2,24	14,80	15,97	3,56	5,38	7,80	50,25

Полученные результаты нужно представить графиков.





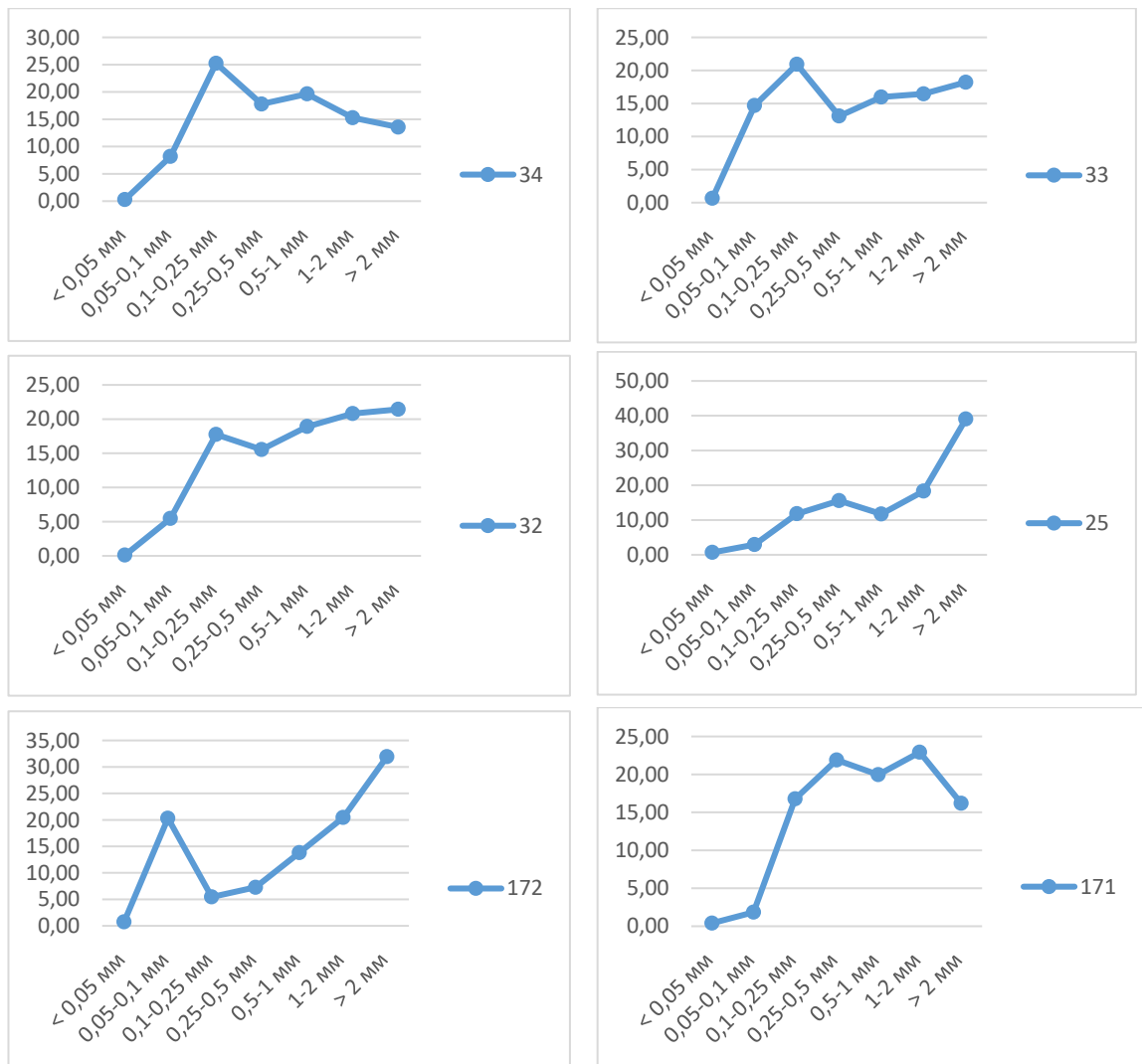


Рис 2.12. Результаты гранулометрического анализа

Чтобы определить размерность для каждой пробы, нужно найти классификацию, которая будет отвечать за размер зерен именно для грунта. Для этого была взята классификация из статьи Д.Ю. Злобина 2008 года:

Таблица 2.2.

Классификация грунтов по гранулометрическому составу (Злобин, 2008)

Разновидность грунтов	Размер частиц, мм	Содержание частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
- валунный (не окатанные – глыбовый)	> 200	> 50
- галечниковый (не окатанные – щебенистый)	> 10	> 50
- гравийный (не окатанный – дресвяный)	> 2	> 50
Пески:		
- гравелистый	> 2	> 25

- крупнозернистый	> 0,50	> 50
- среднезернистый	> 0,25	> 50
- мелкозернистый	> 0,10	> 75
- пылеватый	< 0,10	> 75

Далее началась обработка данных таблицы 2.3. Были объединены фракции 1-2 мм и 0,5-1 мм для классификации Злобина. Также не все пробы были отнесены к конкретной разновидности грунтов. Поэтому эти почво-грунты были названы в честь тех разновидностей, в которых было больше содержания частиц в пробе. В результате каждая проба получила свои следующие названия:

Таблица 2.3.

Классификация почво-грунтов Старой Ладogi по гранулометрическому составу

Номер образца	Содержание частиц, % по массе		Размер частиц, мм			Разновидность грунтов
20	32,80	42,85	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
214	58,69	21,89	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
213	31,90	41,09	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
212	40,16	42,38	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
174	39,76	44,56	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
173	35,41	38,02	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
56	42,86	35,56	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
52	44,48	32,69	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
44	50,08		> 0,50			Крупнозернистый
51	62,47		> 0,50			Крупнозернистый
46	52,86	32,05	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
45	51,16	35,55	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
34	34,93	25,25	> 0,50	> 0,10		Мелкозернисто-крупнозернистый
33	32,43	20,93	> 0,50	> 0,10		Мелкозернисто-крупнозернистый
32	21,43	39,71	> 2,00	> 0,50		Гравелисто-крупнозернистый
25	39,05	30,02	> 2,00	> 0,50		Крупнозернисто-гравелистый
172	31,95	34,26	21,07	> 2,00	> 0,50 < 0,10	Пылевато-гравелисто-крупнозернистый
171	42,88	21,90		> 0,50	> 0,25	Среднезернисто-крупнозернистый

По полученным данным можно сравнить между собой почво-грунты и сравнить, какие функциональные зоны имеют свою гранулометрическую особенность. Для этого была составлена треугольная диаграмма (рис.). В треугольной диаграмме в вершинах заложены следующие характеристики: пылевые, мелко-среднезернистые (мелкозернистые + среднезернистые), крупнозернистые-гравелистые (крупнозернистые + гравелистые). Из этой диаграммы можно сделать вывод, что у сельскохозяйственной, ремесленной зон и зольников есть сгущение точек. Эти типы почво-грунтов есть свои гранулометрические особенности. При этом у проб из мусорной зоны достаточно большое распределение по диаграмме.

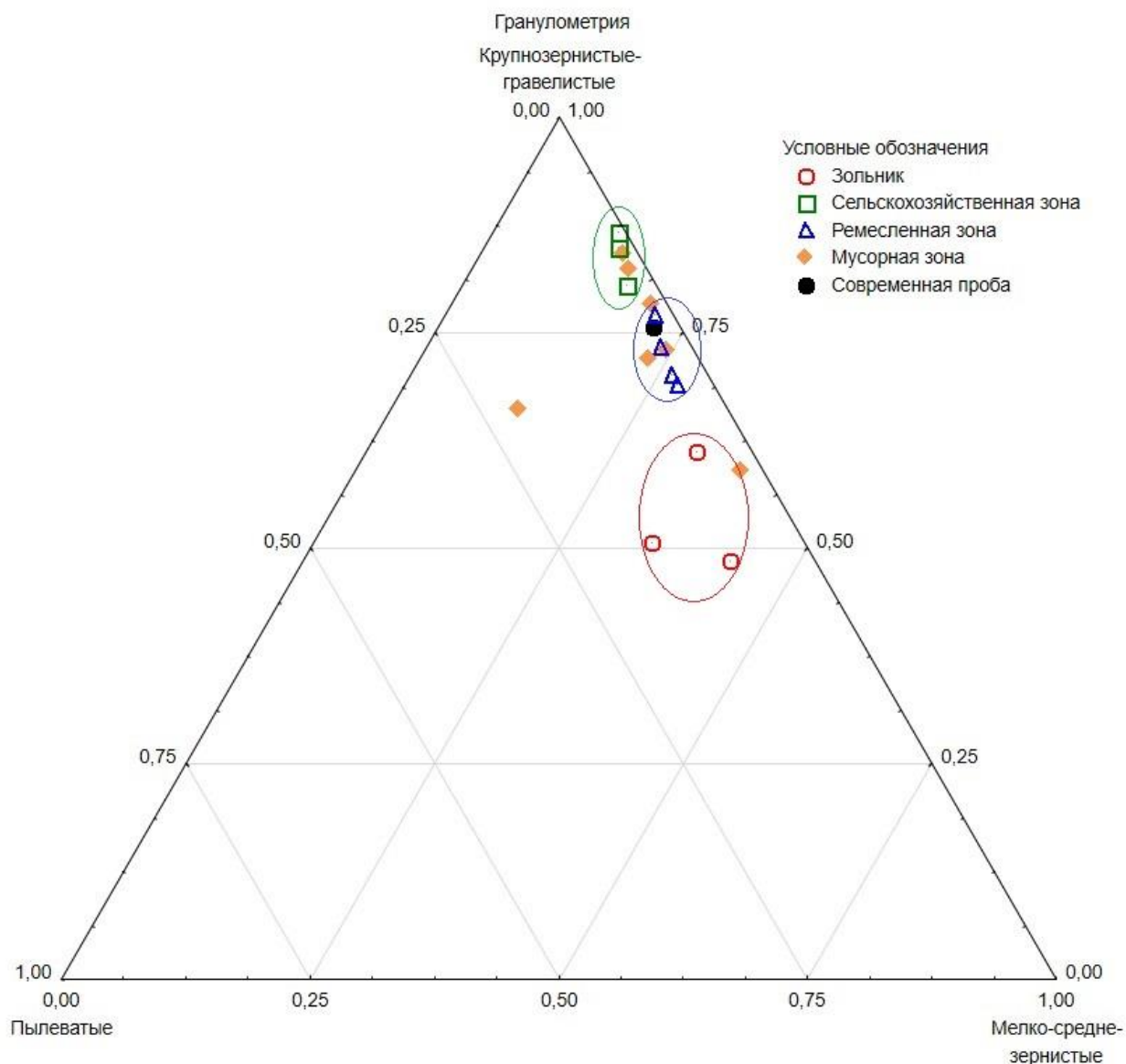


Рис 2.13. Треугольная диаграмма гранулометрических составляющих.

Примечание: Красный овал – зона зольников;

Синий овал – ремесленная зона;

Зеленый овал – сельскохозяйственная зона.

Рассмотрев треугольную диаграмму можно подробно изучить гранулометрию почв из каждой функциональной зоны.

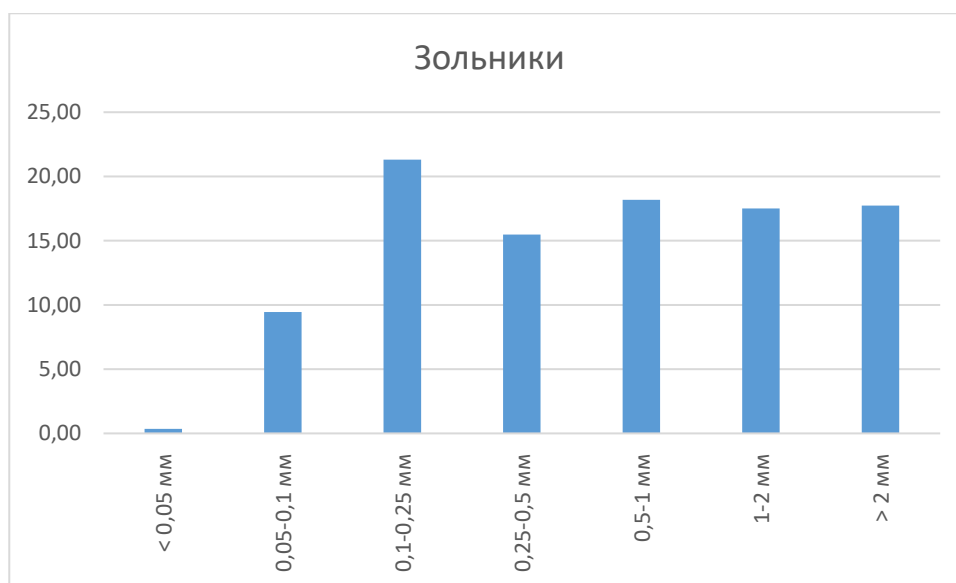


Рис 2.14. Гранулометрический спектр для зольников

Для зольников характерно большие содержания мелкозернистой фракции. Она преобладает над пылевой (<0,05 – 0,05-0,10 мм), среднезернистой (0,25-0,50 мм.) и гравелистой (>2 мм.) фракциями. Если посмотреть на оставшиеся фракции (0,5-1 и 1-2 мм.), то мелкозернистой фракции будет больше содержание. При этом если сложить две фракции в одну, то получится крупнозернистая фракция. Тогда крупнозернистой фракции будет больше, чем мелкозернистой.



Рис 2.15. Гранулометрический спектр для сельскохозяйственной зоны

Для сельскохозяйственной зоны характерно преобладание гравелистой фракции над другими.

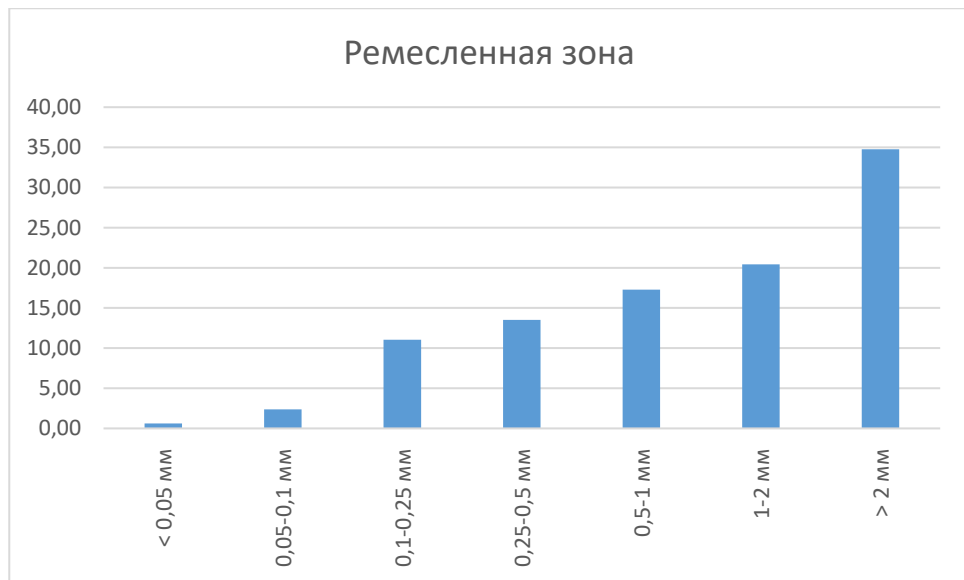


Рис 2.16. Гранулометрический спектр для ремесленной зоны

Для ремесленной зоны характерно большие содержания гравелистой фракции. Она преобладает над пылевой (<0,05 – 0,05-0,10 мм), мелкозернистой (0,10-0,25 мм.) и среднезернистой (0,25-0,50 мм.) фракциями. Если посмотреть на оставшиеся фракции (0,5-1 и 1-2 мм.), то гравелистой фракции будет больше содержание. При этом если сложить две фракции в одну, то получится крупнозернистая фракция. Тогда крупнозернистой фракции будет больше, чем гравелистая.

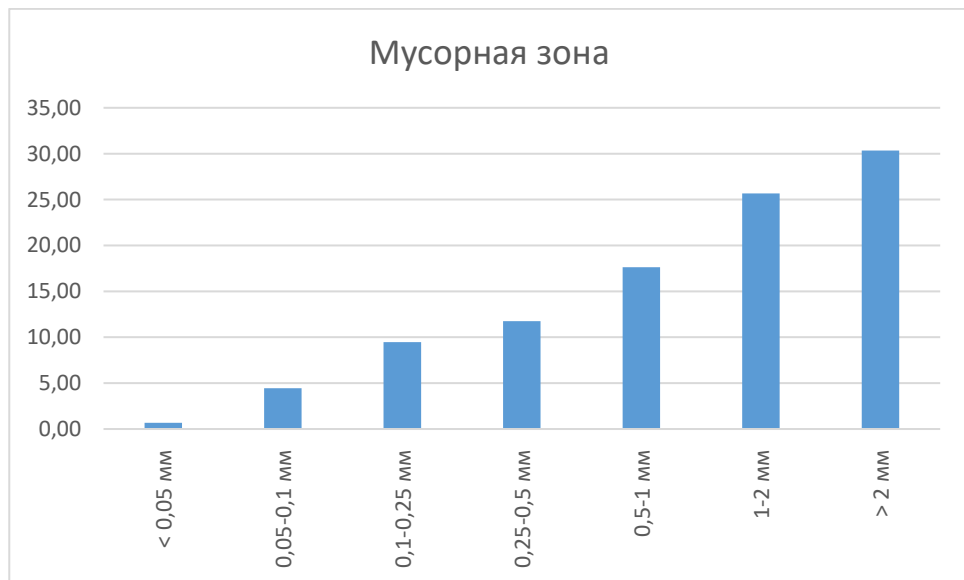


Рис 2.17. Гранулометрический спектр для мусорной зоны

Для мусорной зоны характерно равномерное уменьшение каждой фракции. Крупнозернистая фракция (0,5-1 и 1-2 мм.) преобладает над каждой фракцией.

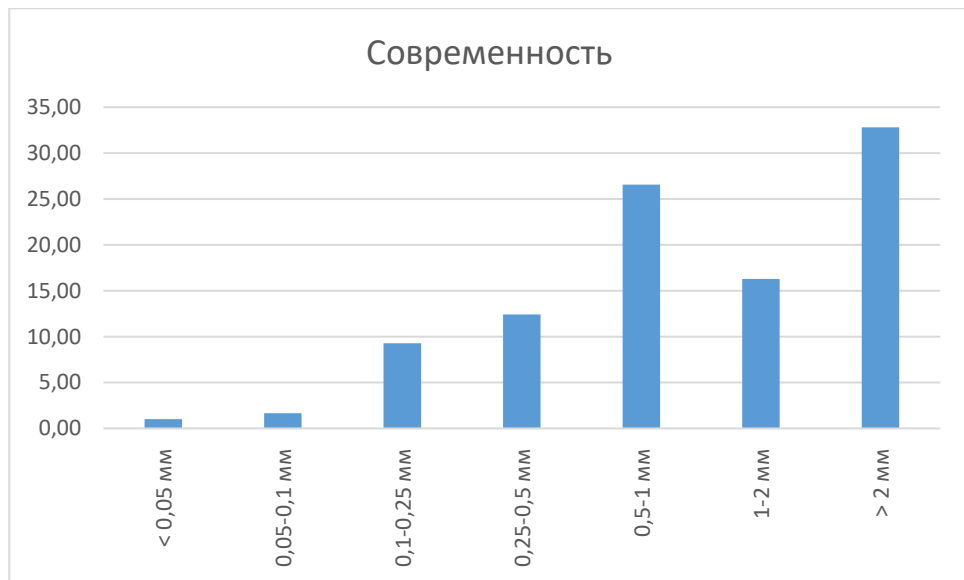


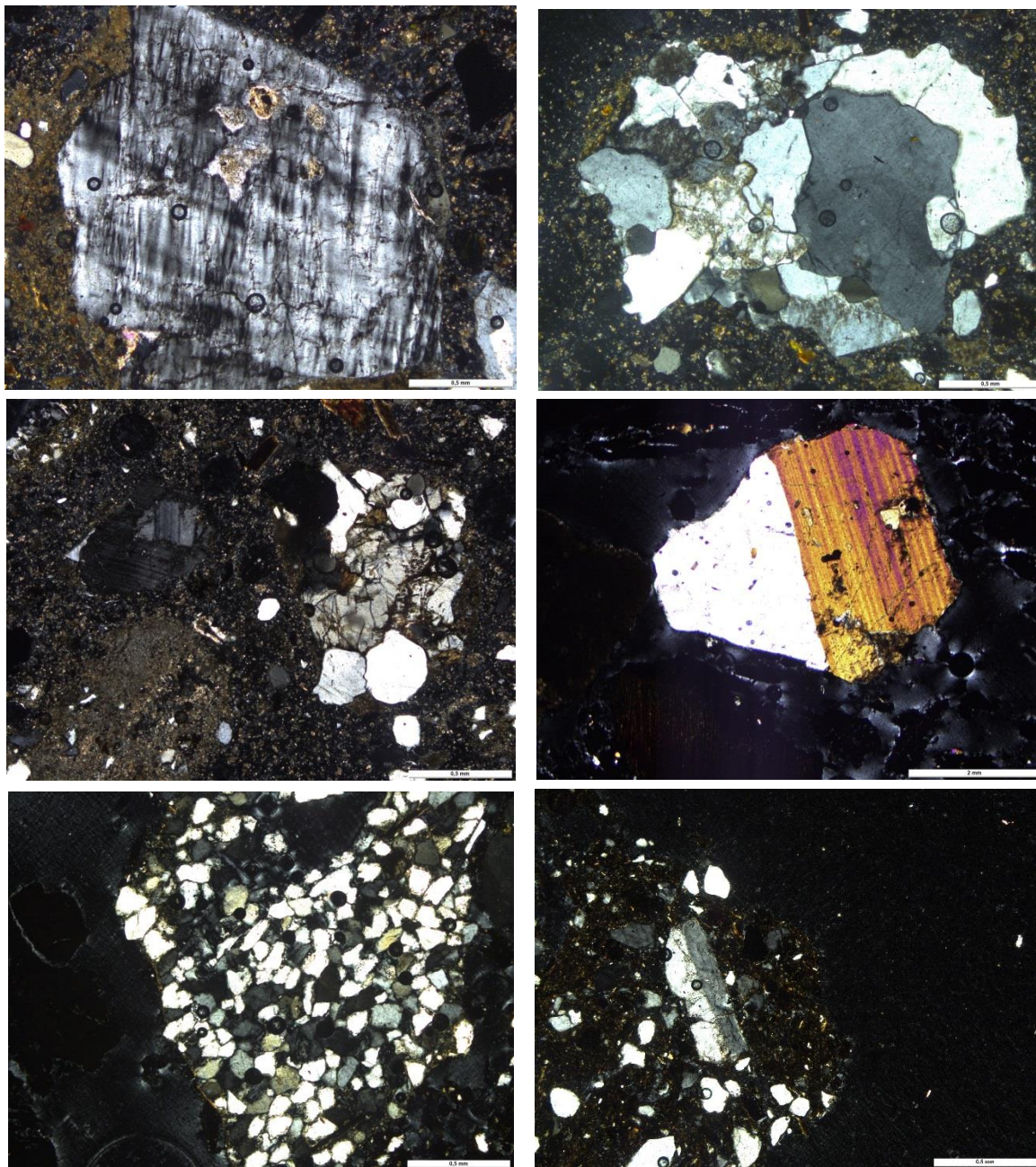
Рис 2.18. Гранулометрический спектр для современной почвы

У современной почвы прослеживаются два пика: 0,5-1,0 и >2 мм. Крупнозернистая также преобладает над всеми фракциями

3. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ

3.1 Петрографические особенности

Перед тем, как с помощью петрографического анализа изучить шлифы, нужно понять, что мы можем встретить в культурных слоях. Культурные слои состоят из нескольких компонентов: минеральная составляющая и обломки пород, костные фрагменты и древесные фрагменты. Отталкиваясь от этого, мы должны встретить все эти компоненты в шлифах.



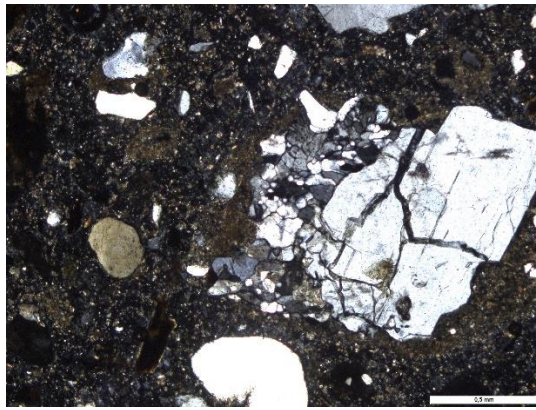


Рис 3.1. Фотографии с фрагментами пород и минеральной составляющей

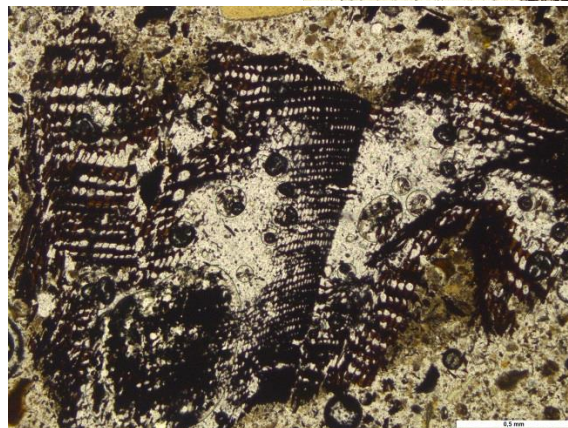
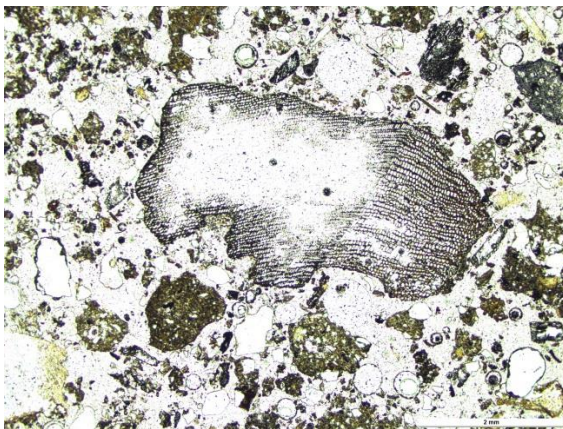
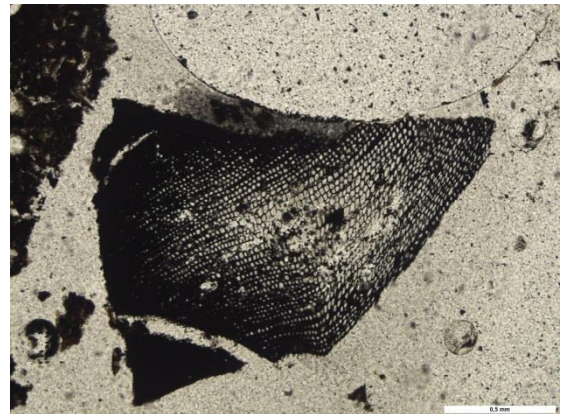


Рис 3.2. Фотографии с фрагментами древесной составляющей

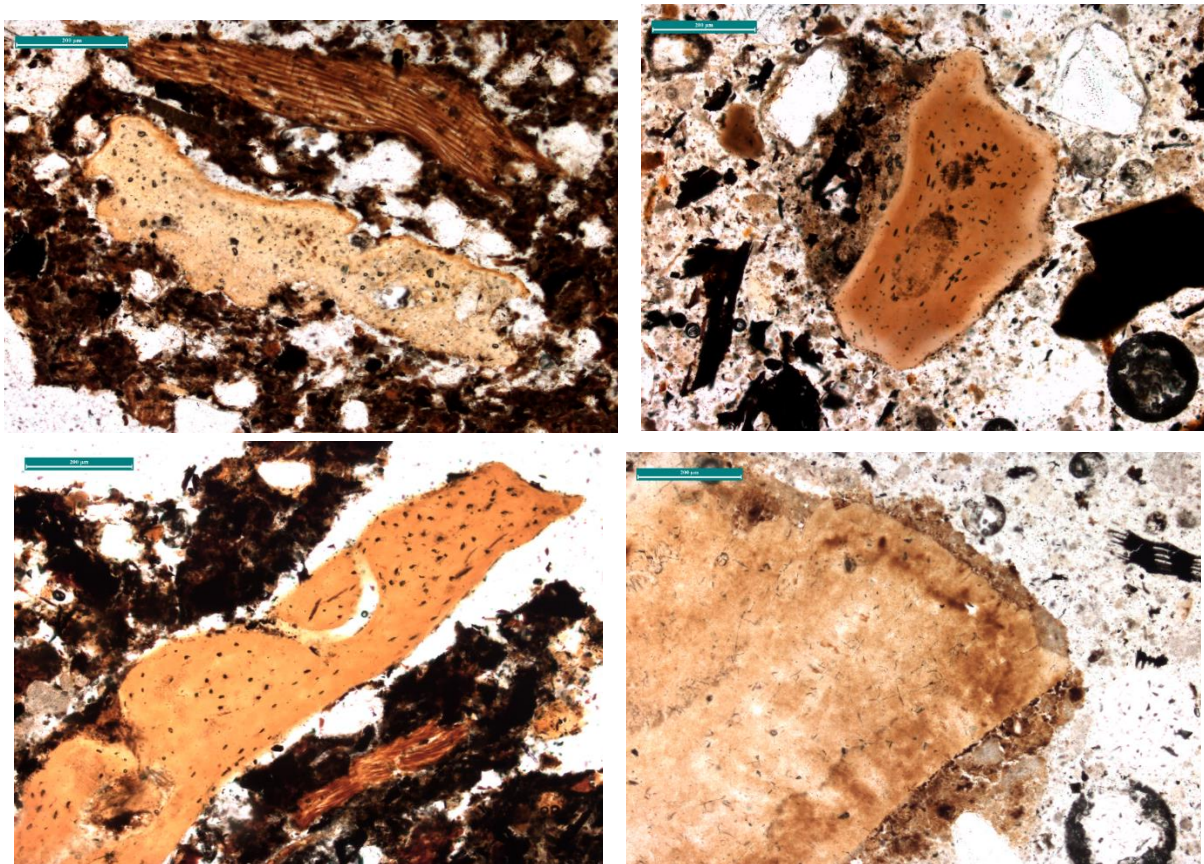


Рис 3.3. Фотографии с фрагментами костной составляющей

Посмотрев шлифы, можно сказать следующее: из минеральной составляющей мы встретили такие минералы, как кварц, плагиоклаз и КПШ. Также были найдены обломки пород, как кварциты и кварцевые песчаники. Древесные фрагменты представляют из себя объекты темно-коричневого и черного цветов, имеющие сетчатое строение. Костные остатки также были найдены. Они представляют из себя фрагменты биоапатита с темными точками, являющимися зонами вторичного изменения и окисления.

3.2 Сканирующая электронная микроскопия

С помощью электронной микроскопии мы можем проанализировать и определить химический состав интересующих нас компонентов. Данный анализ позволяет нам проанализировать костную составляющую в шлифах. В качестве вторичных минералов чаще мы видим пирит. Он может быть представлен в виде отдельных кристаллов или в фрамбоидальном виде.

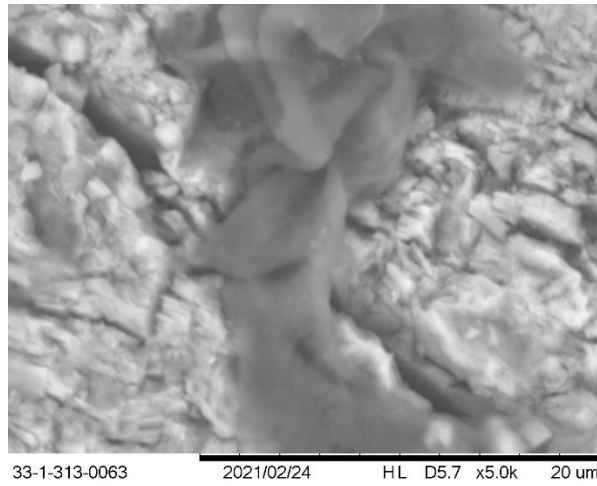


Рис 3.4. Фотография костной части из пробы 212

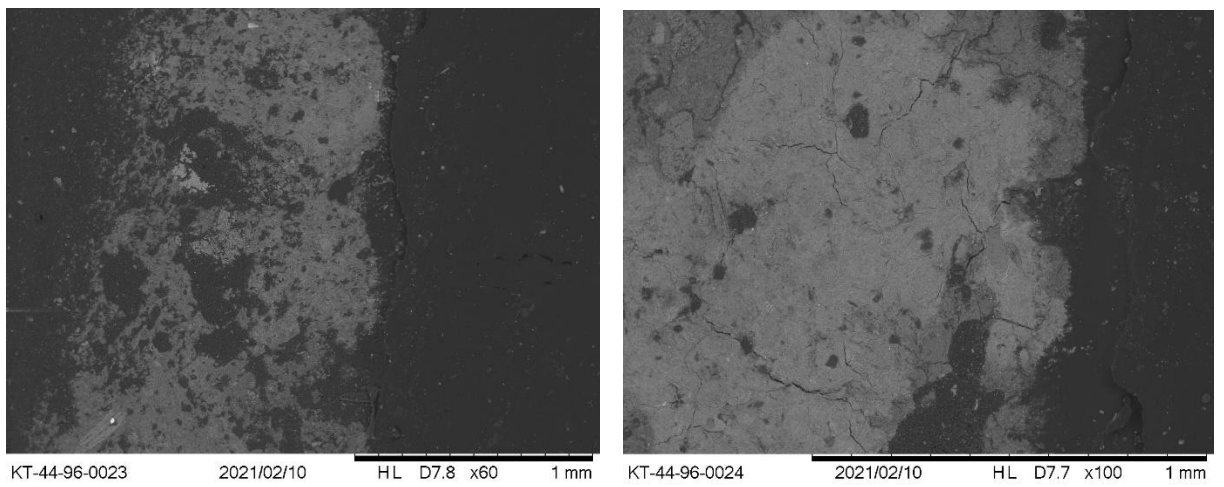


Рис 3.5. Фотографии костных частей из пробы 173

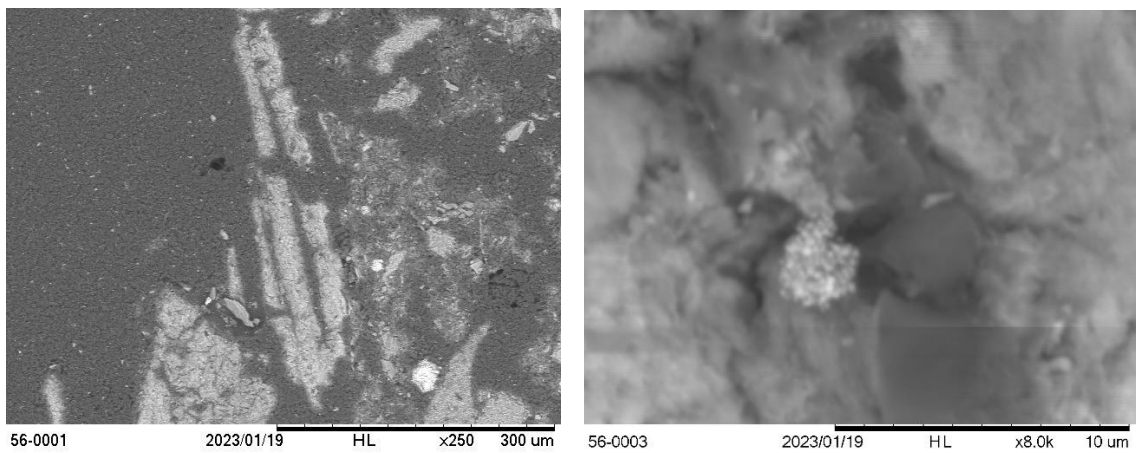
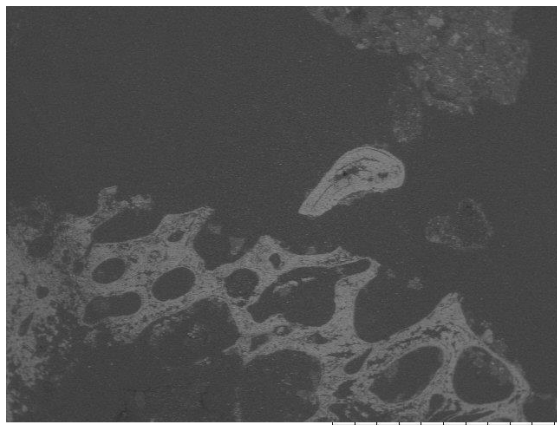
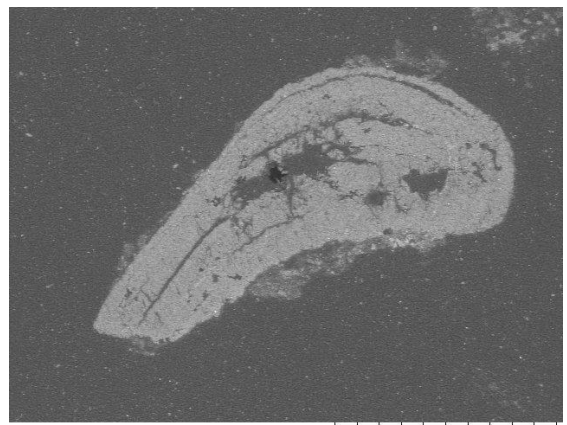


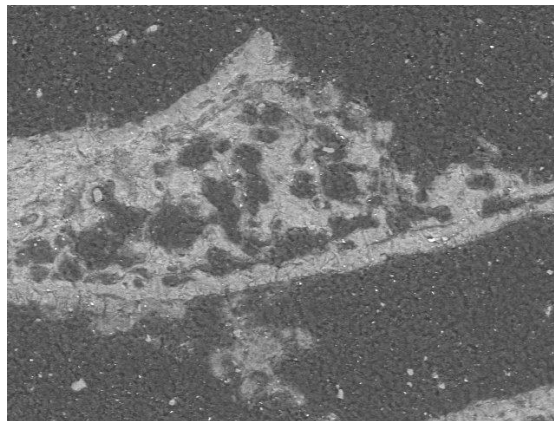
Рис 3.6. Фотографии костных частей из пробы 56



52-0000 2023/01/19 HL x30 2 mm

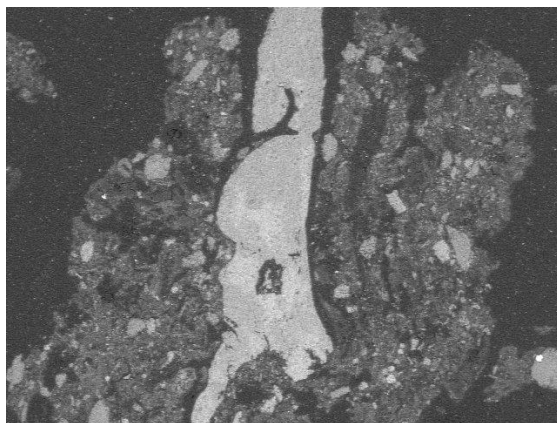


52-0001 2023/01/19 HL x120 500 um

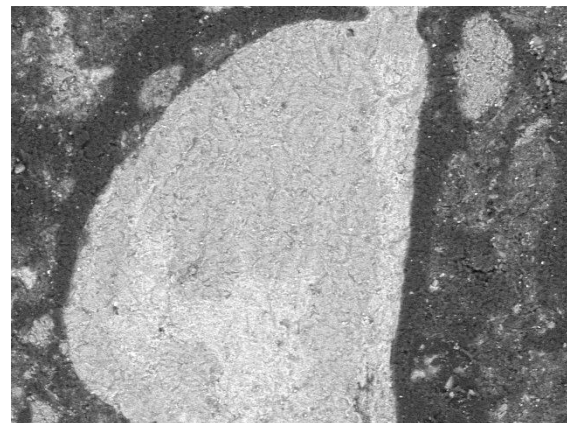


52-0005 2023/01/19 HL x400 200 um

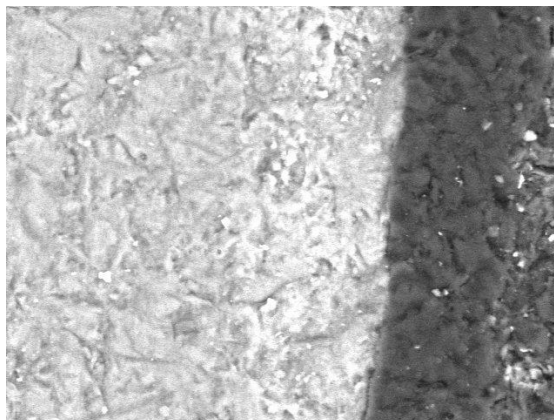
Рис 3.7. Фотографии костных частей из пробы 52



44-0000 2023/01/19 HL x80 1 mm



44-0001 2023/01/19 HL x300 300 um



44-0002 2023/01/19 HL x1.5k 50 um

Рис 3.8. Фотографии костных частей из пробы 44

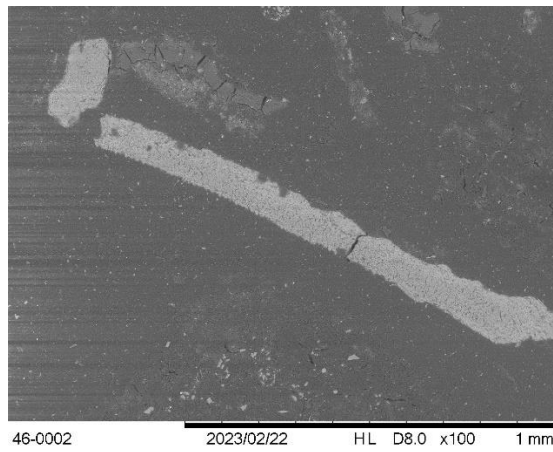


Рис 3.9. Фотография костных частей из пробы 46

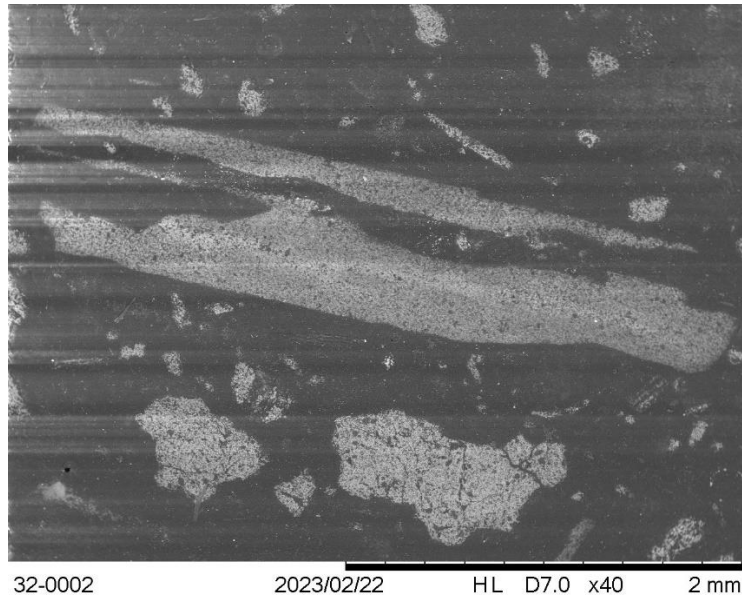


Рис 3.10. Фотографии костных частей из пробы 32

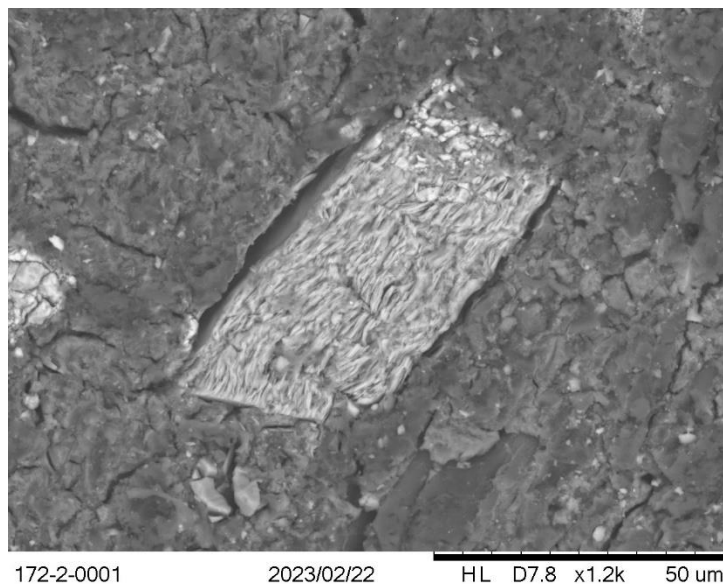


Рис 3.11. Фотографии костных частей из пробы 172

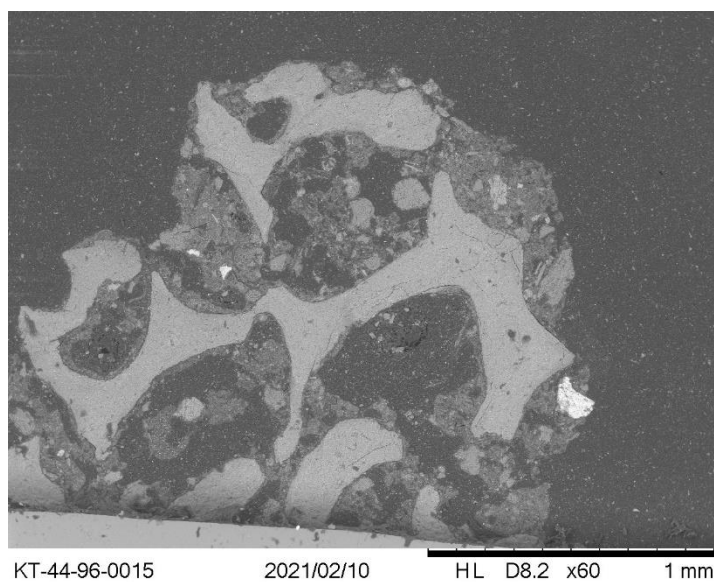


Рис 3.12. Фотографии костных частей из пробы 171

4. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЁВ

4.1. Макрокомпонентный состав

Макрокомпонентный состав почво-грунтов состоит из петрогенных оксидов. К петрогенным относятся следующие оксиды: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅.

Полученные данные были обработаны. У каждой пробы сумма петрогенных оксидов приравнивалась к 100%.

Таблица 4.1.

Средние содержания главных петрогенных оксидов в пробах шурфов и современной почве, отн. %

Оксид	174	173	172	171	212	213	214	20
SiO ₂	42,37	48,58	34,17	57,65	74,40	55,59	25,32	51,24
TiO ₂	0,83	0,66	0,54	0,70	0,46	0,69	0,28	0,84
Al ₂ O ₃	14,95	13,13	15,95	11,98	8,80	14,19	5,41	13,08
Fe ₂ O ₃	6,36	3,15	5,01	2,88	2,60	2,72	3,93	3,24
MnO	0,24	0,35	0,09	0,30	0,29	0,26	0,15	0,23
MgO	1,21	1,16	0,80	0,82	1,03	1,30	0,56	1,15
CaO	5,98	6,70	7,52	5,16	1,49	4,26	4,19	7,01
Na ₂ O	1,50	1,58	1,14	1,67	0,92	1,54	0,79	1,48
K ₂ O	4,36	3,81	3,19	4,55	3,72	5,56	1,31	2,83
P ₂ O ₅	0,90	0,81	0,51	0,79	0,83	0,76	0,26	0,57
ППП	21,31	20,09	31,09	13,50	5,46	13,13	57,80	18,34
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 4.2.

Средние содержания главных петрогенных оксидов в почво-грунтах IX-X в., отн. %

Оксид	25	32	33	34	44	45	46	51	52	56
SiO ₂	46,03	49,71	32,89	50,68	48,19	28,64	26,85	49,01	47,71	39,47
TiO ₂	0,72	0,43	0,46	0,73	0,48	0,39	0,35	0,69	0,63	0,36
Al ₂ O ₃	13,54	18,81	8,51	21,12	10,36	8,59	7,69	13,61	12,89	9,04
Fe ₂ O ₃	2,44	3,76	5,22	2,53	4,70	2,27	2,13	4,36	4,00	2,70
MnO	0,20	0,12	0,19	0,21	0,33	0,22	0,19	0,15	0,23	0,42

MgO	1,22	0,83	0,39	1,39	1,01	0,63	0,47	1,63	0,80	0,48
CaO	8,12	10,35	16,83	9,85	5,06	5,63	7,31	2,72	7,22	7,37
Na ₂ O	1,16	1,61	0,75	1,55	1,33	0,67	0,69	0,90	1,20	1,14
K ₂ O	4,20	2,42	1,41	4,51	2,41	2,47	2,50	3,27	3,61	2,60
P ₂ O ₅	0,58	0,81	0,81	0,52	1,57	0,22	0,34	0,79	0,81	1,01
ППП	21,80	11,15	32,51	6,90	24,58	50,27	51,48	22,87	20,89	35,42
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 4.3.

Средние содержания главных петрогенных оксидов в функциональных зонах, отн. %

Оксид	Современные	Зольники	Ремесленные зоны	Мусорные зоны	Сельскохозяйственные зоны
SiO ₂	51,24	44,43	47,63	50,38	26,94
TiO ₂	0,84	0,54	0,62	0,61	0,34
Al ₂ O ₃	13,08	16,15	12,48	12,65	7,23
Fe ₂ O ₃	3,24	3,84	3,57	3,80	2,78
MnO	0,23	0,18	0,28	0,25	0,18
MgO	1,15	0,87	1,05	1,04	0,55
CaO	7,01	12,34	6,77	4,93	5,71
Na ₂ O	1,48	1,31	1,32	1,26	0,71
K ₂ O	2,83	2,78	3,51	3,89	2,09
P ₂ O ₅	0,57	0,71	0,94	0,80	0,27
ППП	18,34	16,85	21,84	20,40	53,18
СУММА	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

По данным силикатного анализа можно узнать о процессах, которые происходили с почво-грунтами. Чтобы оценить процессы, можно воспользоваться петрохимическими модулями. Чтобы определить, какие петрохимические модули нужно использовать, нужно понять, какие процессы и характеристика надо проанализировать. Из-за того, что в работе используются почвы, для анализа мы воспользуемся следующими характеристиками: изменение температуры, изменение влажности, процесс эрозии и антропогенная активность. Исходя из этого, в своей работе я воспользуюсь следующими петрохимическими модулями: гидролизатный, алюмокремнистый, титановый, щелочной, индекс химического выветривания (CIA). Далее рассмотрим вышеперечисленные модули отдельно.

Гидролизатный, алюмокремнистый, титановый и щелочной модули упоминаются в работах Юдовича и Кетриса. Гидролизатный модуль (ГМ) отвечает за два параметра – выщелачивание и гидролиз. Чем выше модуль, тем более сильному выветриванию подвергались породы, чем меньше – породы более зрелые. Формула этого модуля = $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$. В данной формуле мы можем пренебречь с FeO, т.к. двухвалентное железо нельзя определить отдельно от трехвалентного данным метод. Это

можно сделать с помощью мокрой химией, но данный метод не использовался в работе. (Юдович и Кетрис, 2000)

Алюмокремниевый модуль (АМ), как и ГМ, показывает степень выветривания. АМ и ГМ помогают выявить примеси другого генезиса. Формула = Al_2O_3 / SiO_2 . (Юдович и Кетрис, 2000)

Титановый модуль (ТМ) показывает, как титановые акцессорные минералы накапливаются в псаммитовой фракции, а глиноземы - в пеллитовой фракции. Такое происходит в условиях гумидного климата. (Кулькова, 2022) Формула = TiO_2 / Al_2O_3 . (Юдович и Кетрис, 2000)

Щелочной модуль (ЩМ) позволяет определить изменения температурного баланса. Связано тем, что при процессе выветривания происходит разрушение КПШ и плагиоклазов, но при этом КПШ разрушается медленнее и оксид калия накапливается в глинистых минералах, устойчивых к процессам выветривания. (Кулькова, 2022) Формула = Na_2O / K_2O . (Юдович и Кетрис, 2000)

Индекс химического выветривания (СИА) позволяет нам определить тип климата за счёт преобразования алюмосиликатных минералов. Формула = $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] * 100$. (Nesbitt and Young, 1982)

По данным индексам были сделаны расчёты, которые представлены в таблицах 4.4. и 4.5.

Таблица 4.4.

Результаты подсчетов петрохимических модулей у проб шурфов и современной почве

	174	173	172	171	212	213	214	20
ГМ	0,53	0,36	0,63	0,28	0,16	0,32	0,39	0,34
АМ	0,35	0,27	0,47	0,21	0,12	0,26	0,21	0,26
ТМ	0,06	0,05	0,03	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
ЩМ	0,34	0,41	0,36	0,37	0,25	0,28	0,60	0,52
СИА	55,81	52,08	57,38	51,30	58,97	55,56	46,27	53,59

Таблица 4.5.

Результаты подсчетов петрохимических модулей у почво-грунтов IX-X вв.

	25	32	33	34	44	45	46	51	52	56
ГМ	0,37	0,47	0,44	0,49	0,33	0,40	0,39	0,38	0,37	0,32
АМ	0,29	0,38	0,26	0,42	0,22	0,30	0,29	0,28	0,27	0,23
ТМ	0,05	0,02	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
ЩМ	0,28	0,67	0,53	0,34	0,55	0,27	0,27	0,28	0,33	0,44
СИА	50,10	56,68	30,94	57,03	54,09	49,49	42,26	66,40	51,73	44,85

Таблица 4.6.

Результаты подсчетов петрохимических модулей у выделенных временных промежутков

	XXI	XVI-XVIII	XI-XIII	IX-X
ГМ	0,34	0,35	0,31	0,40

AM	0,26	0,24	0,22	0,30
TM	0,06	0,05	0,05	0,04
ЩМ	0,52	0,35	0,33	0,37
СІА	53,59	52,00	55,18	51,58

Для того, чтобы наглядно проанализировать полученные данные, составим график в координатах ГМ-АМ и сводную схему.

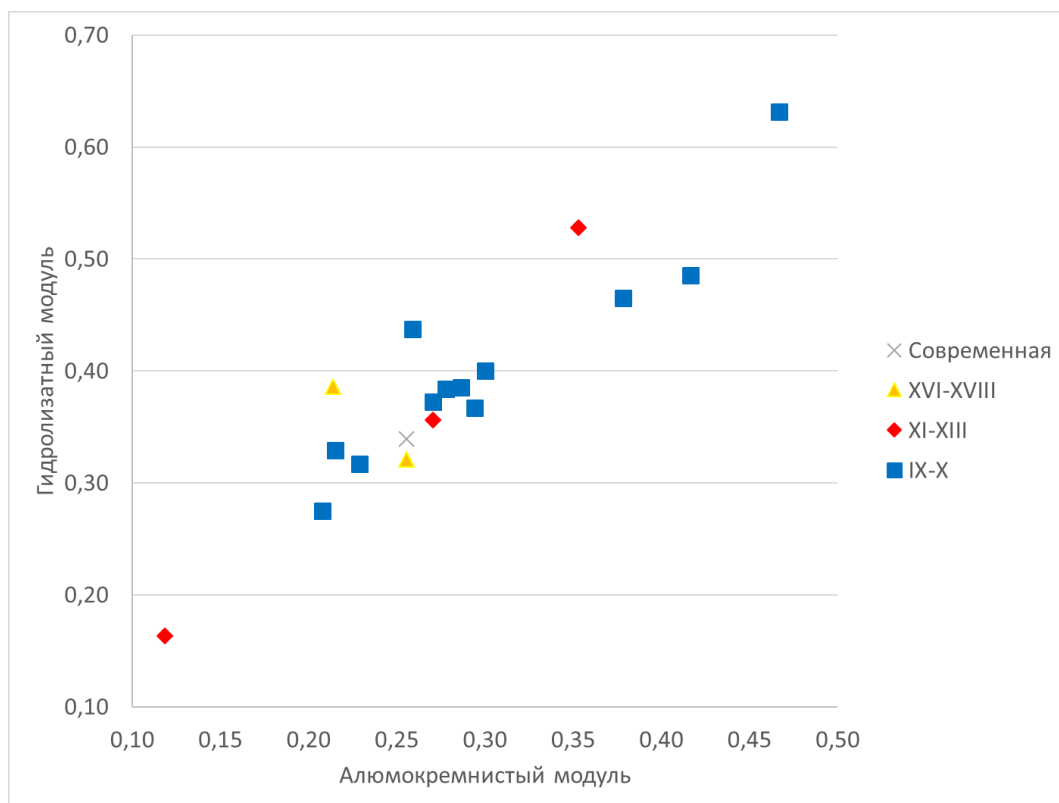


Рис 4.1. График в координатах ГМ-АМ построенный по значениям выделенных временных промежутков

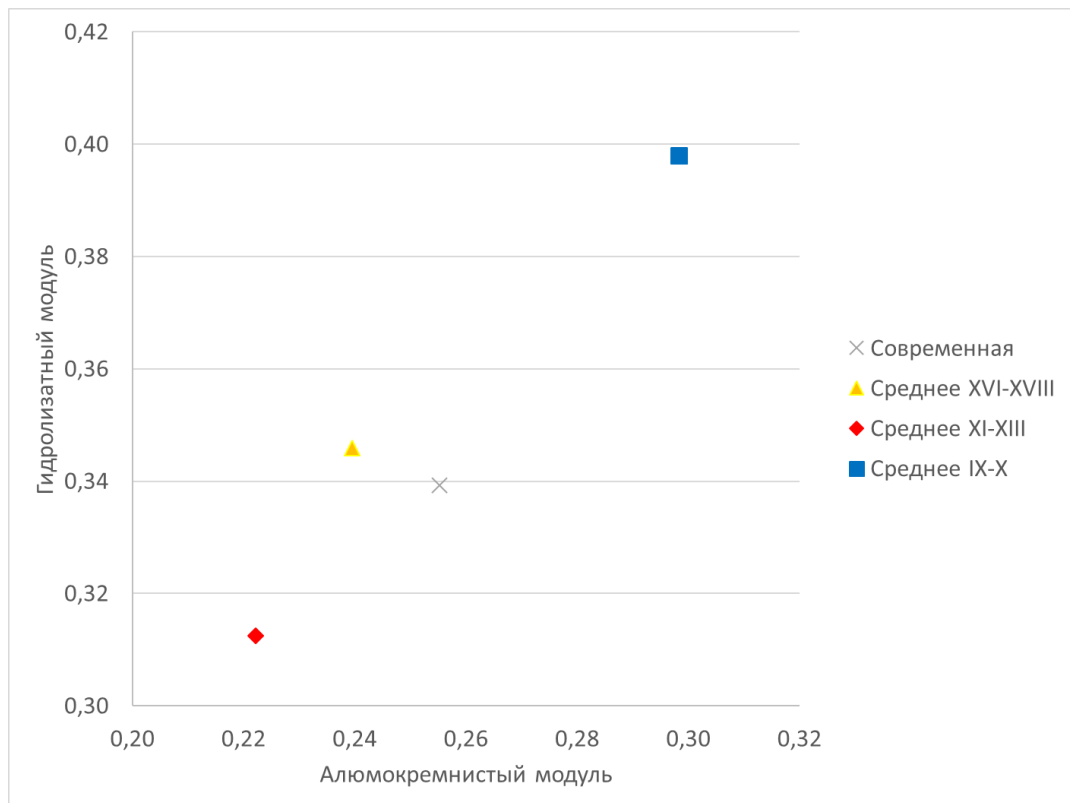


Рис 4.2. График в координатах ГМ-АМ построенный по средним значениям выделенных временных промежутков

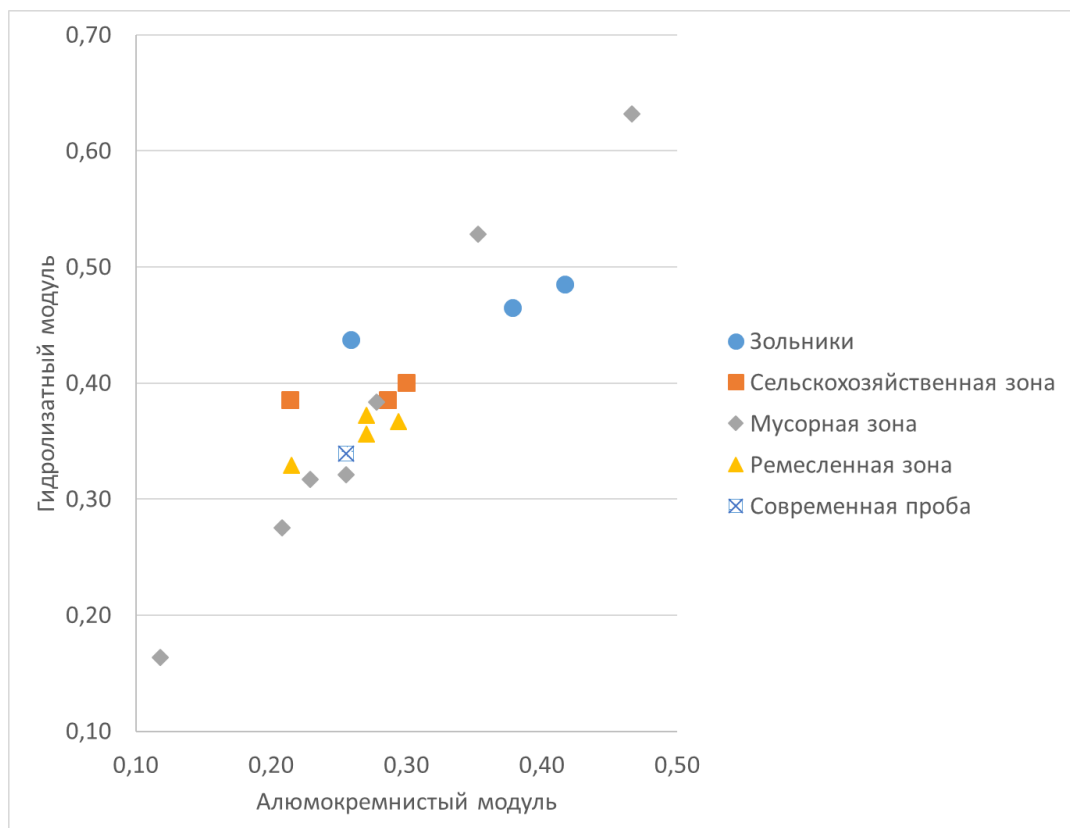


Рис 4.3. График в координатах ГМ-АМ построенный по значениям выделенных функциональных зон

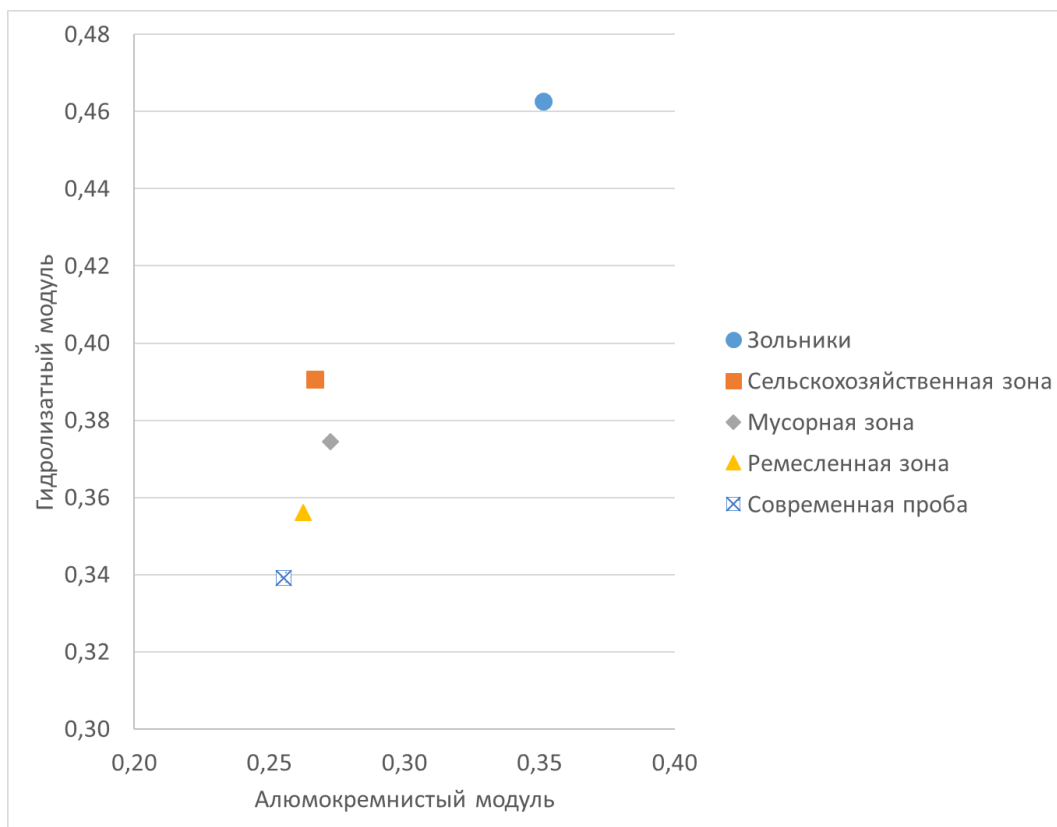


Рис 4.4. График в координатах ГМ-АМ построенный по средним значениям выделенных функциональных зон

По графикам можно сделать вывод, что у почво-грунтов IX-X вв. степень выветривания значительно больше, чем у почво-грунтов XI-XIII вв., у которых степень выветривания коснулось меньше всего. При этом, если мы рассмотрим степень выветривания у функциональных зон, заметим, что к большему выветриванию подверглись зольники. Далее идут сельскохозяйственные зоны и мусорные зоны. Если посмотреть на пробы, которые подверглись наименьшему выветриванию среди выделенных функциональных зон у почво-грунтов, то это будут ремесленные. А если сравнить со всеми пробами, то это будут современные почвы. Следующим нашим шагом будет сводная схема археологических раскопок с добавлением данных петрохимических модулей.

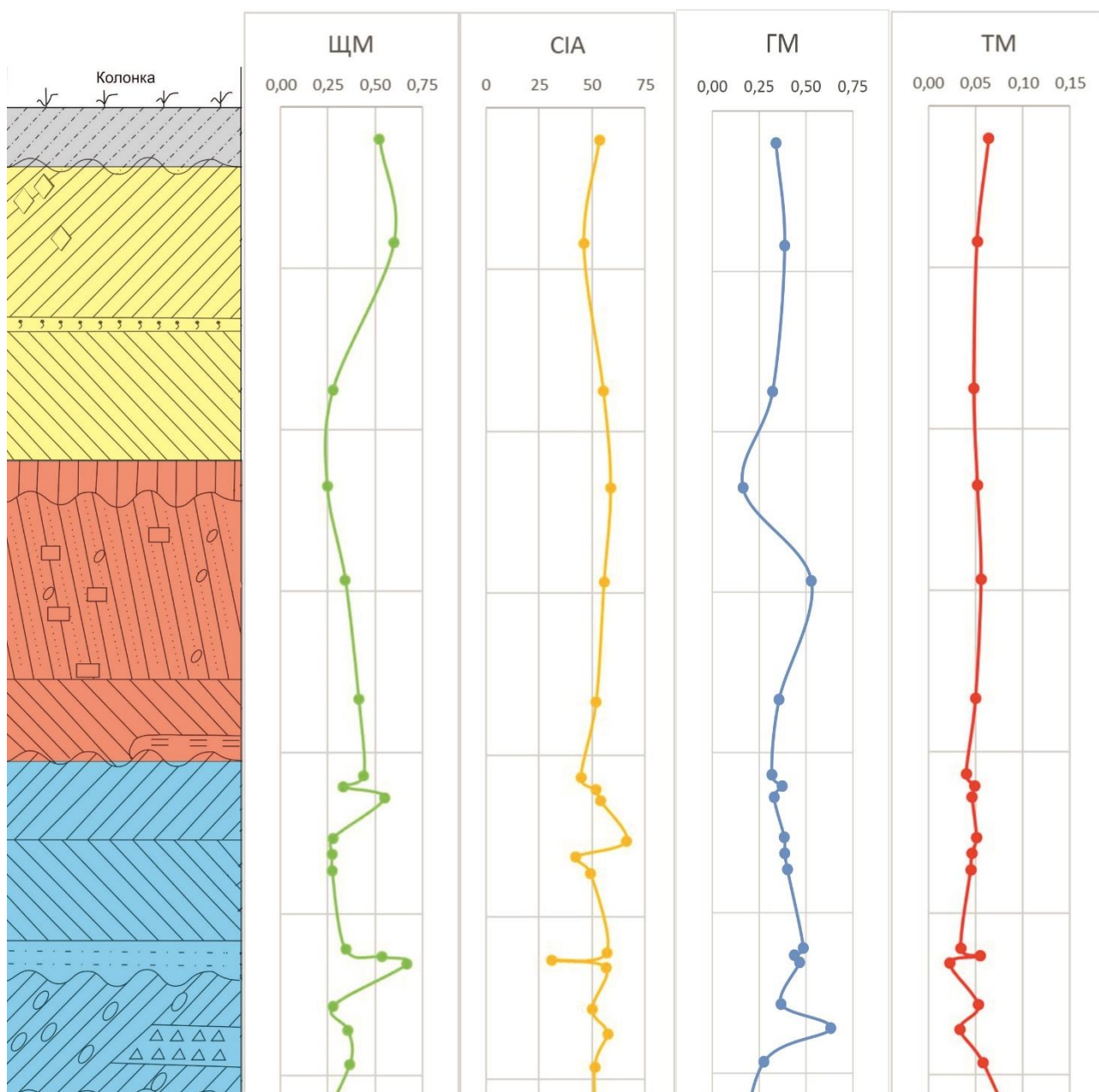


Рис 4.5. Схема взаимосвязей почво-грунтов и петрохимических модулей

Как уже было сказано, тип климата можно определить по индексу химического выветривания. Для этого индекса характерны следующие значения: >70 – гумидный, 60-70 – переходный, <60 – аридный. Если мы посмотрим подсчеты данного индекса, то мы можем понять, что во всех выделенных временных промежутках культурные слои формировались в семиаридных ландшафтно-климатических условиях.

4.2 Органическая составляющая

Для определения геохимических особенностей культурных слоев, помимо изучения макро- и микрокомпонентов, нужно определить содержания органики. Сначала изучим её количество, с помощью CHN-анализа. По полученным результатам определим средние содержания по выделенным временным промежуткам.

Таблица 4.7.

Содержание С, Н, N в культурных слоях района Старой Ладogi, масс. %

№ проб	С	Н	N
20	13,60	1,02	1,92
214	66,20	4,00	3,83
213	11,10	1,02	1,77
212	4,40	0,62	1,57
174	17,10	1,32	1,72
173	15,30	1,05	1,74
56	34,10	0,93	0,3
52	16,20	0,85	0,27
44	20,40	0,97	0,38
51	16,80	0,77	0,03
46	55,60	1,56	0,17
45	50,90	1,73	0,26
34	4,90	0,01	0,2
33	16,80	0,48	0,21
32	8,30	0,43	0,03
25	16,10	0,81	0,21
172	27,30	1,43	1,58
171	8,90	0,76	1,71
Кларк почв (по Волочковичу и т.д., 1999)	2,00	-	0,10

Таблица 4.8.

Содержание С, Н, N в выделенных временных промежутках района Старой Ладogi, масс. %

Временные промежутки	С	Н	N
XXI	13,60	1,02	1,92
XVI-XVIII	38,65	2,51	2,80
XI-XIII	12,27	0,99	1,67
IX-X	23,03	0,89	0,45

По полученным данным можно сделать следующий вывод: практически все культурные слои имеют повышенные содержания органики. Больше всего органики во временном промежутке XVI-XVIII вв. При этом в культурных слоях XI-XIII вв. меньше показания, чем у остальных культурных слоев.

Таблица 4.9.

Содержание С, Н, N в выделенных функциональных зонах района Старой Ладogi, масс. %

Функциональные зоны	С	Н	N
Современная проба	13,60	1,02	1,92
Зольники	10,00	0,31	0,15

Ремесленные зоны	25,80	1,07	0,60
Мусорные зоны	17,10	0,98	1,24
Сельскохозяйственные зоны	57,57	2,43	1,42

При рассмотрении сельскохозяйственных зон содержание органики наибольшее. А в зольниках оно наименьшее. Это связано с тем, что зольники состоят из пепла и выгоревшей органики.

Далее пробы были отданы на ДТА анализ. С помощью этого метода мы можем понять, что содержится в почвах.

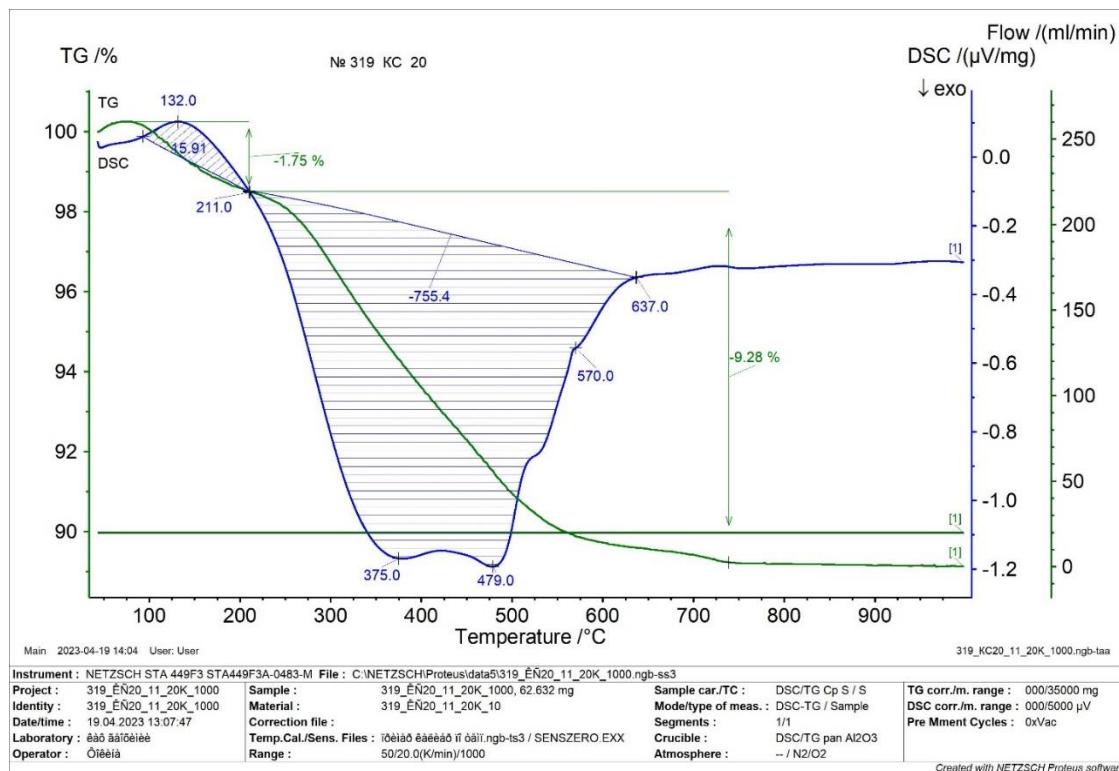


Рис 4.6. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 20

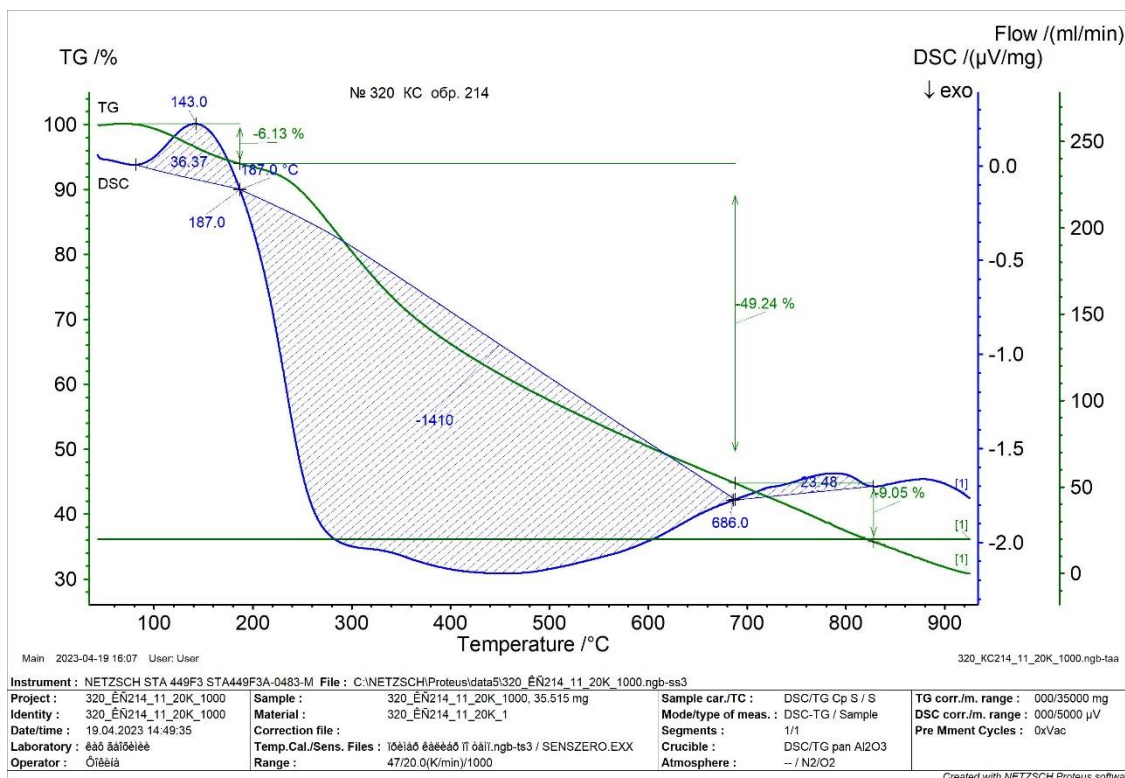


Рис 4.7. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 214

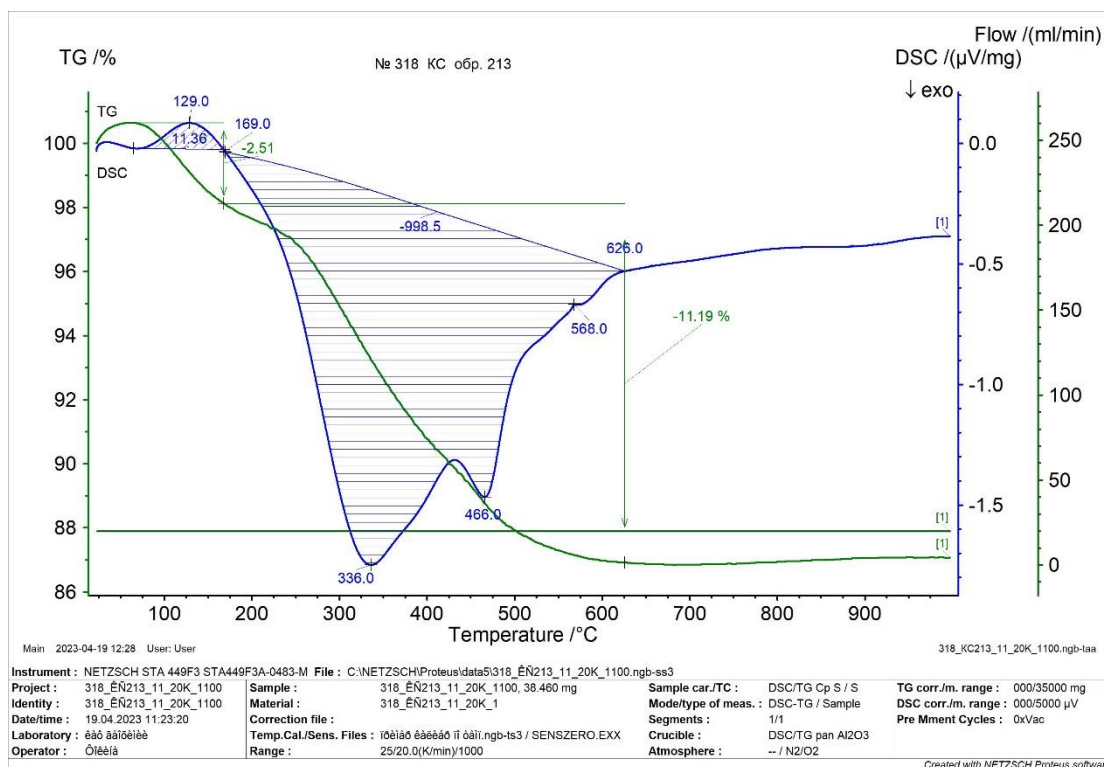


Рис 4.8.. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 213

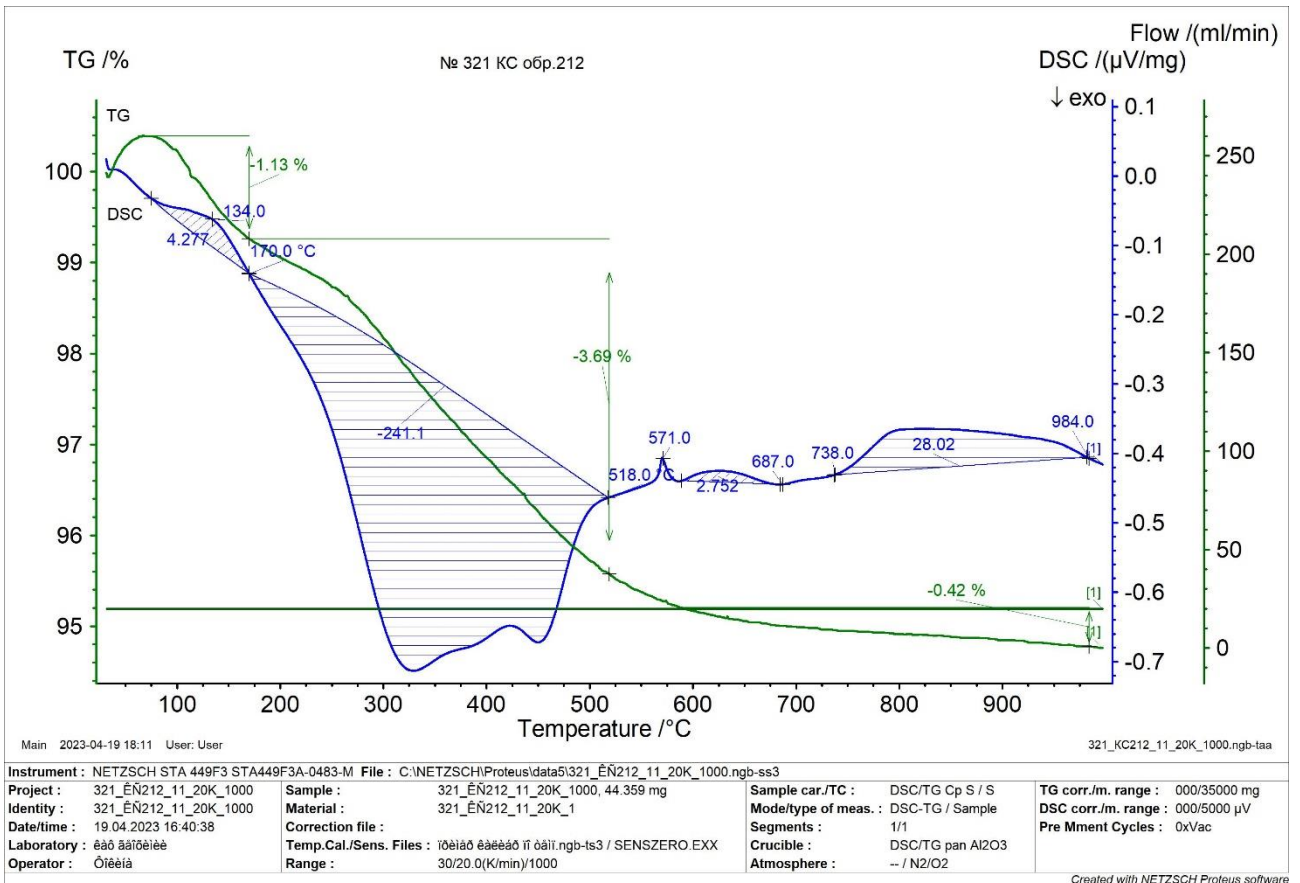


Рис 4.9. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 212

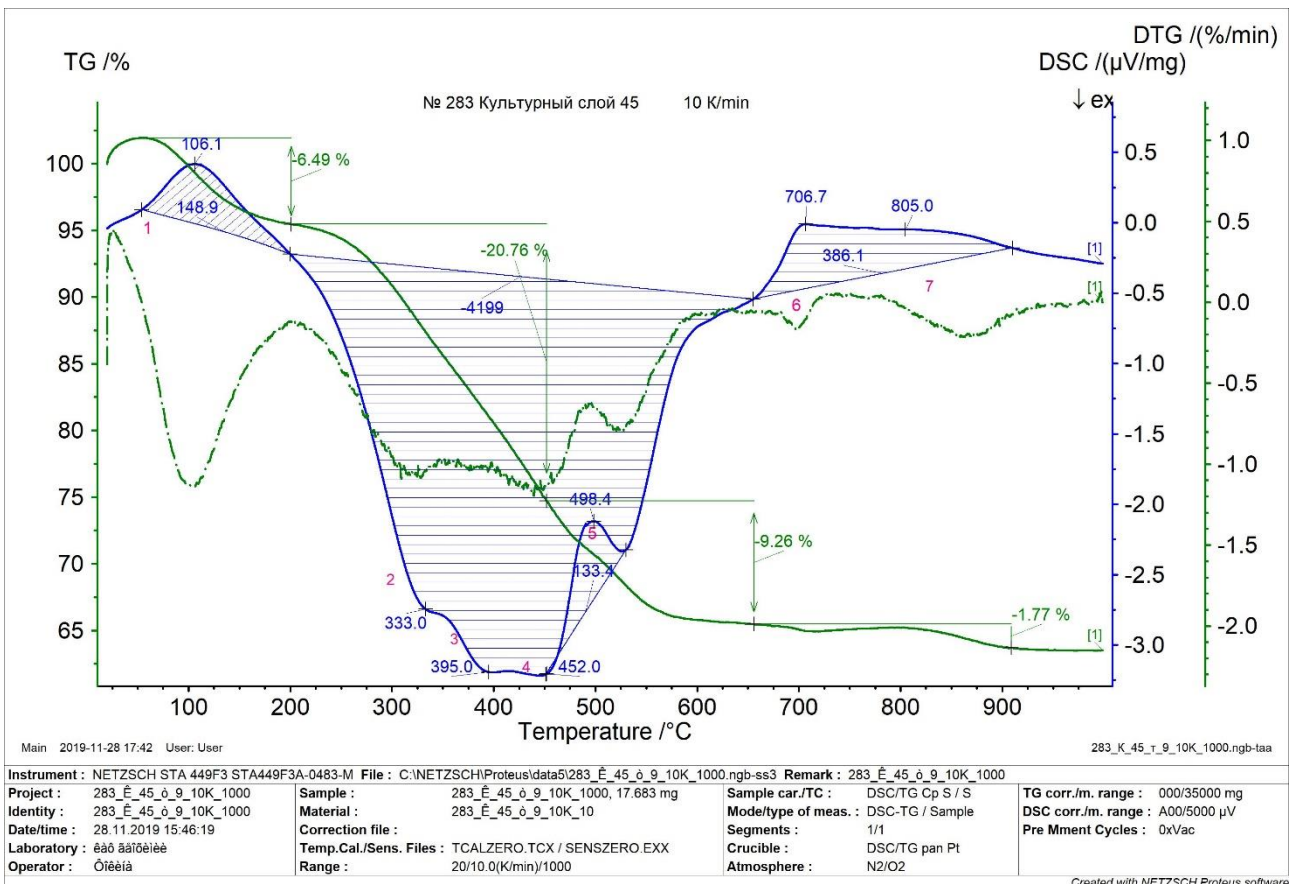


Рис 4.10. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 45

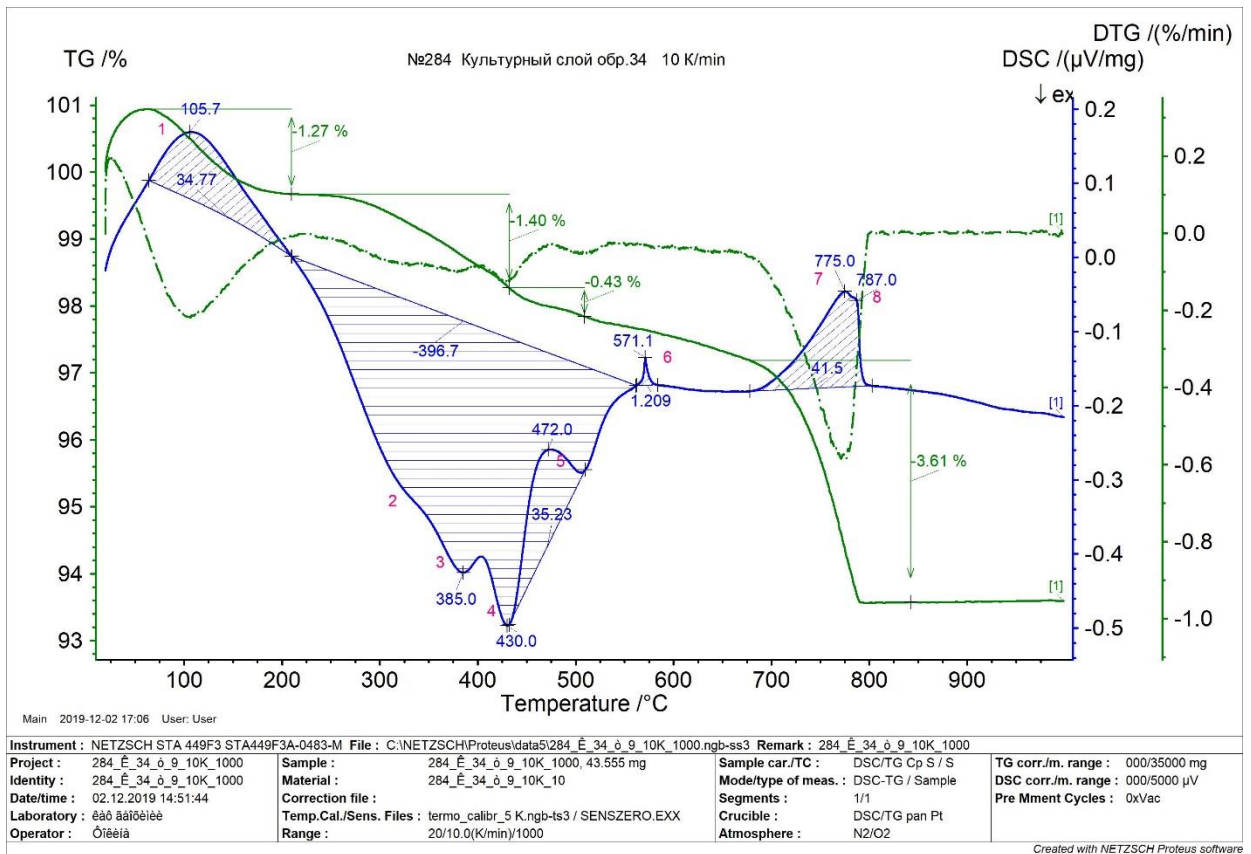


Рис 4.11. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 34

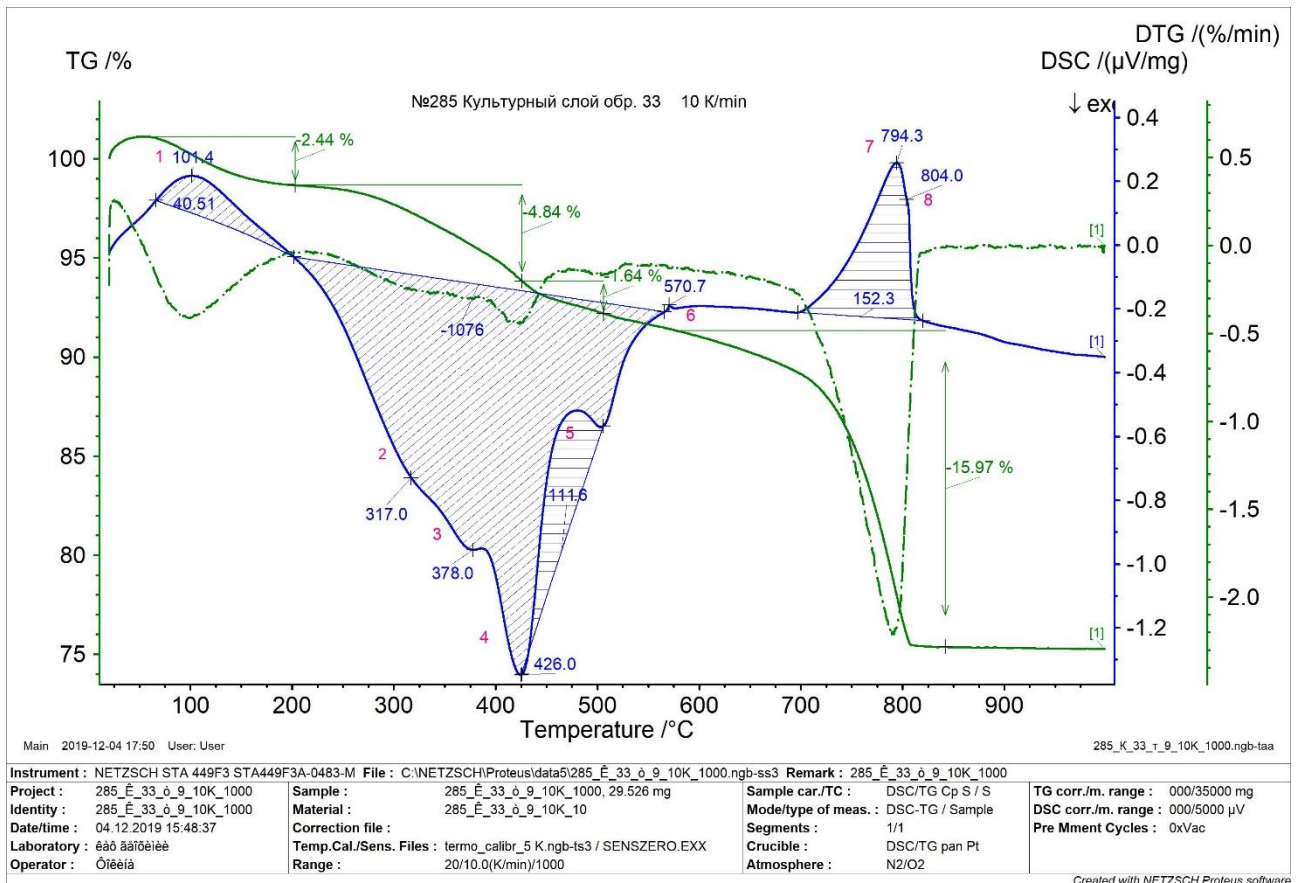


Рис 4.12. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 33

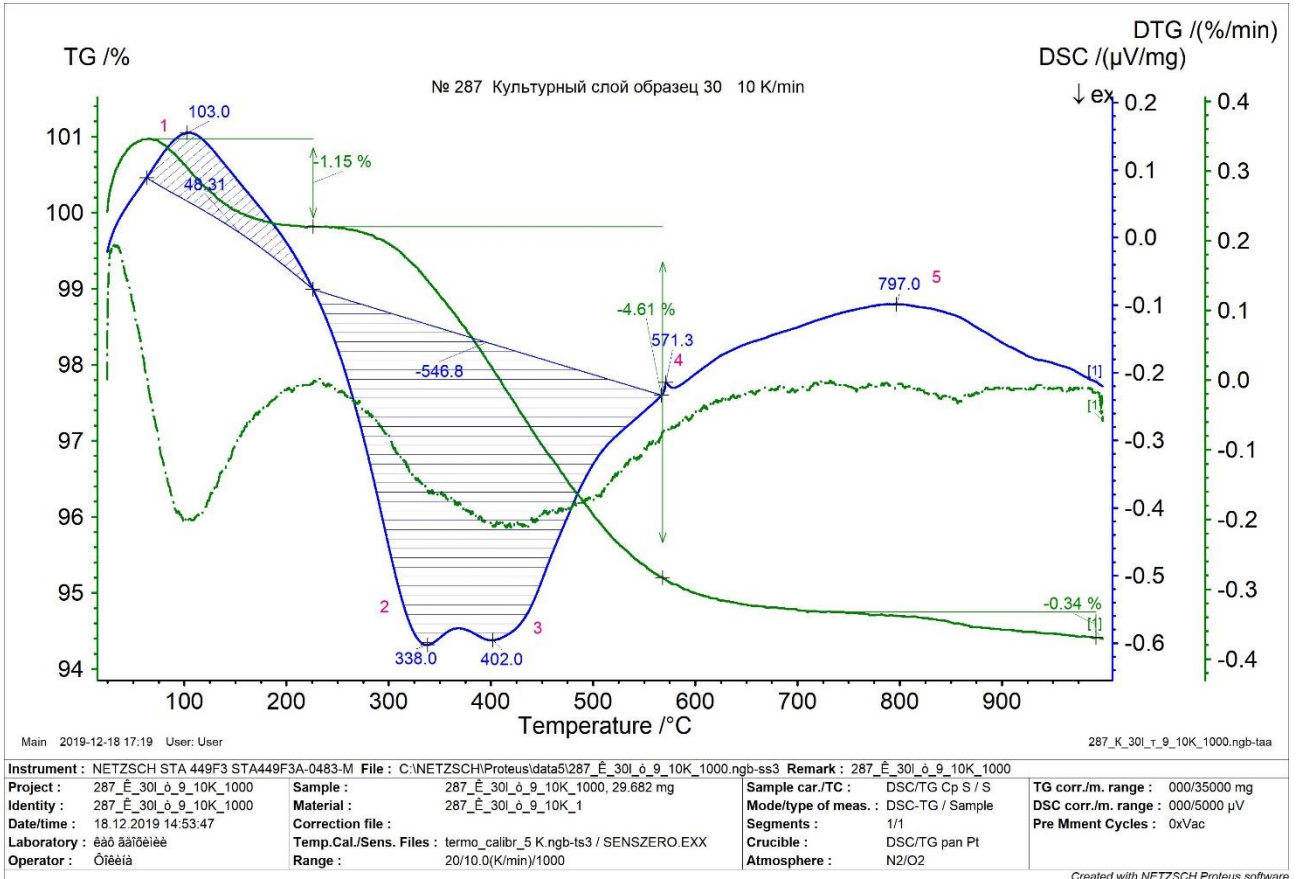


Рис 4.13. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 32

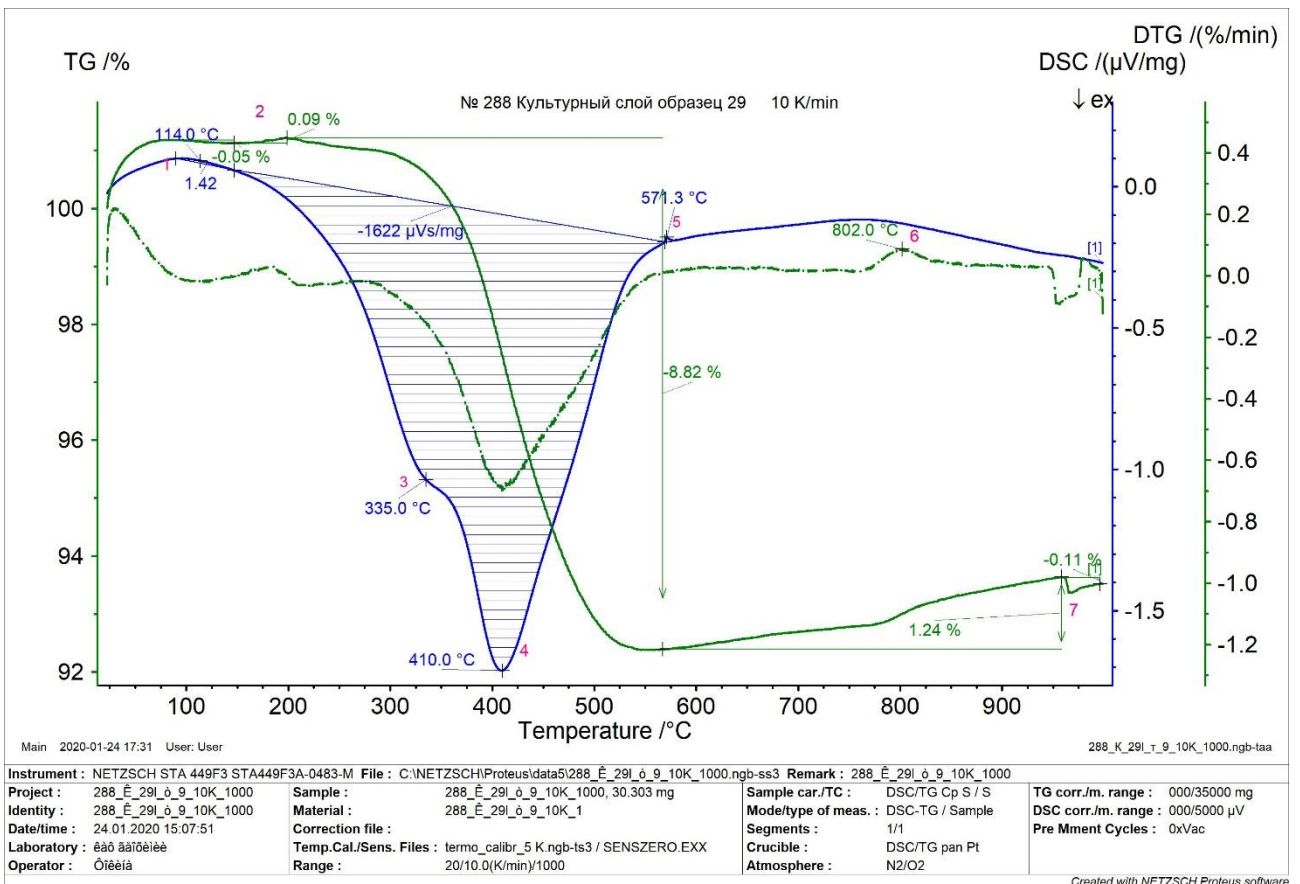


Рис 4.14. Кривые дифференциального термического анализа пробы № 25

Рассмотрим получившиеся кривые. У пробы 20 можно выделить три компонента: глинистые минералы, органическая составляющая и кварц. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=132^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,75%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=211-637^{\circ}\text{C}$, потери массы 9,28%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=570^{\circ}\text{C}$.

У пробы 214 выделяются три компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, карбонатные минералы. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=143^{\circ}\text{C}$, потери массы 6,13%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=187-686^{\circ}\text{C}$, потери массы 49,24%. Разложение карбонатных минералов определен по эндотермическому эффекту в интервале $T=686-820^{\circ}\text{C}$, потеря массы 9,06%.

У пробы 213 выделяются три компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, кварц. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=129^{\circ}\text{C}$, потери массы 2,51%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=169-625^{\circ}\text{C}$, потери массы 11,19%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=568^{\circ}\text{C}$.

У пробы 212 выделяются четыре компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, кварц и карбонатные минералы. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=134^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,13%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=170-518^{\circ}\text{C}$, потери массы 3,69%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=571^{\circ}\text{C}$. Разложение карбонатных минералов определен по эндотермическому эффекту в интервалах $T=518-687^{\circ}\text{C}$ и $T=738-984^{\circ}\text{C}$, потеря массы 0,42%.

У пробы 45 выделяются четыре компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, каолинит, карбонатные минералы. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=106^{\circ}\text{C}$, потери массы 6,49%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=200-452^{\circ}\text{C}$, потери массы 20,76%. Каолинит определен по эндотермическому эффекту при $T=498^{\circ}\text{C}$, потеря массы 9,26%. Разложение карбонатных минералов определен по эндотермическому эффекту в интервале $T=650-910^{\circ}\text{C}$, потеря массы 1,77%.

У пробы 34 выделяются пять компонентов: глинистые минералы, органическая составляющая, каолинит, кварц, карбонатные минералы. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=105^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,27%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=210-550^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,40%. Каолинит определен по эндотермическому эффекту при $T=472^{\circ}\text{C}$, потеря массы 0,43%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=571^{\circ}\text{C}$. Разложение карбонатных минералов определен по эндотермическому эффекту в интервале $T=680-800^{\circ}\text{C}$, потеря массы 3,61%.

У пробы 33 выделяются пять компонентов: глинистые минералы, органическая составляющая, каолинит, кварц, карбонатные минералы. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=101^{\circ}\text{C}$, потери массы 2,44%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=200-550^{\circ}\text{C}$, потери массы 4,84%. Каолинит определен по эндотермическому эффекту при $T=480^{\circ}\text{C}$, потеря

массы 1,64%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=570^{\circ}\text{C}$. Разложение карбонатных минералов определен по эндотермическому эффекту в интервале $T=700-815^{\circ}\text{C}$, потеря массы 15,97%.

У пробы 32 выделяются четыре компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, кварц и высокотемпературная органика. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=103^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,15%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=210-560^{\circ}\text{C}$, потери массы 4,61%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=571^{\circ}\text{C}$. Озоление высокотемпературной органики определены по экзотермическому эффекту при $T=797^{\circ}\text{C}$, потери массы 0,34%.

У пробы 25 выделяются четыре компонента: глинистые минералы, органическая составляющая, кварц и высокотемпературная органика. Глинистые минералы были определены по эндотермическому эффекту при $T=114^{\circ}\text{C}$, потери массы 0,05%. Окисление и озоление органики определены по экзотермическому эффекту в интервале $T=200-560^{\circ}\text{C}$, потери массы 8,82%. Структурный переход кварца выделен по эндотермическому эффекту при $T=571^{\circ}\text{C}$. Озоление высокотемпературной органики определены по экзотермическому эффекту при $T=802^{\circ}\text{C}$, потери массы 1,24%.

Результаты полученных анализов можно сравнить между собой и составить сводную схему.

Колонка	Кривые ДТА	№ пробы	t ₁₆₀₋₁₇₀ глины	t ₁₇₅₋₃₀₀ органики	t ₃₀₀₋₄₀₀ органики	t ₄₀₀₋₅₅₀ органики	t ₅₅₀₋₈₅₀ органики	t ₈₀₀ органики	t ₈₂₀₋₉₅₀ каолинит	t ₈₇₀ кварц	t ₈₆₀₋₉₀₀ карбонат	C %	Σ CHN %
		20	+	+	+	+	+			+		13,60	16,54
			214	+	+	+	+	+				+	66,20
			213	+	+	+	+	+			+		11,10
		212	+	+	+	+					+	4,40	6,59
		174										17,10	20,13
		173										15,30	18,08
		56										34,10	35,33
		52										16,20	17,32
		44										20,40	21,75
		51										16,80	17,60
		46										55,60	57,33
		45	+	+	+	+					+	50,90	52,89
		34	+	+	+	+					+	4,90	5,11
		32	+	+	+	+					+	8,30	8,76
	25	+	+	+	+					+	16,10	17,12	
		172										27,30	30,31
		171										8,90	11,36

Рис 4.15. Схема содержаний органики и компонентов в почво-грунтах

По схеме можно понять, что у современной и XVI-XVIII вв. проб гумусовая составляющая более высокотемпературная, чем у остальных проб. При этом, у проб X в. встречается органика, которая сгорает при T=800°C. Есть предположение, что в пробах присутствует сажа от сгоревшей органики. Также видна корреляция определения C по ДТА и CHN. Больше всего органики в пробах XVI-XVIII вв., а меньше всего в V тыс. до н.э.

4.3. Микроэлементный состав

Для определения микроэлементного состава культурных слоёв, пробы были проанализированы в лаборатории спектрального анализа Центральной лаборатории ВСЕГЕИ.

Метод анализа называется приближённо-количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ (ПКЭСА). Пробоподготовка для этого анализа состоит из нескольких этапов. Сначала, пробы просушиваются в сушильном шкафу при температуре 105 °С до состояния постоянной массы. Далее пробы истираются до аналитической пудры. Истиранию подвергаются все фракции. Следующий этап – это прокаливание проб. Анализируемые пробы содержат большое количество органического вещества, которое может помешать при анализе. Поэтому, почву прокаливают при температуре 480 – 520 °С. Готовую пробу отправляют на анализ. Для определения содержания химических элементов применяется аналитический комплекс с испарением из канала угольного электрода. Возбуждение спектров производится в плазме дуги переменного тока. Источником дугового разряда является генератор ИВС-28. Для регистрации спектров применяется спектрограф СТЭ-1, оснащённый многоканальным анализатором оптического спектра МАЭС (изготовитель ООО "Оптоэлектроника", г. Новосибирск, Россия). Изображение спектра, получаемое на выходе спектрографа СТЭ-1, формируется на фоточувствительной поверхности линейки фотодиодов.

У ПКЭСА, как и у всех методов, есть пороги обнаружения, которые представлены в таблице 4.10. Полученные данные из лаборатории нужно обработать. Так как некоторые значения имеют содержания ниже порога обнаружения, вместо них записывается половина порога обнаружения (Таблица 4.11. и 4.12.). Далее нужно посчитать кларк концентрации микроэлементов в культурных слоях. Кларки были взяты из данных Волочковича К.Л., Гусева Г.С. и других. Полученные кларки концентрации представлены в таблицах 4.14 и 4.15.

Таблица 4.10.

Пороги обнаружения элементов для метода ПКЭСА

Хим. Элемент	Ниж. Пределы	Хим. Элемент	Ниж. Пределы
Li	10	Y	1
Be	0,5	Zr	10
Sc	1	Nb	8
V	2	Mo	0,5
Cr	0,5	Ag	0,03
Co	1	Sn	2
Ni	1	Ba	10
Cu	0,5	La	10
Zn	10	Ce	10
Ga	2	Yb	0,5
Ge	2	W	5
Sr	100	Pb	2

Таблица 4.11.

Содержания сидерофильных и халькофильных микроэлементов в почво-грунтах

№ пробы	Co	Ni	Ge	Sn	Pb	Ga	Mo	Zn	Cu	Ag
20	11,00	22,00	1,00	34,00	22,00	9,80	13,00	140,00	54,00	180,00
214	9,00	32,00	2,50	17,00	41,00	7,10	55,00	640,00	91,00	170,00
213	9,50	20,00	2,30	33,00	28,00	12,00	12,00	160,00	87,00	100,00
212	11,00	16,00	2,30	4,90	9,90	7,60	9,50	120,00	57,00	150,00
174	18,00	39,00	1,00	5,20	14,00	12,00	33,00	230,00	50,00	180,00
173	12,00	24,00	1,00	44,00	29,00	9,20	14,00	330,00	79,00	210,00
172	14,00	27,00	1,00	16,00	14,00	12,00	18,00	130,00	62,00	290,00
171	11,00	19,00	2,70	44,00	34,00	12,00	12,00	270,00	110,00	140,00
211	11,00	9,30	1,00	3,90	9,10	7,60	10,00	58,00	88,00	470,00
25	11,00	22,00	1,00	71,00	36,00	7,00	8,30	170,00	87,00	110,00
32	10,00	21,00	1,00	13,00	19,00	11,00	22,00	190,00	46,00	260,00
33	8,10	19,00	2,30	33,00	15,00	5,60	6,30	320,00	62,00	230,00
34	7,10	13,00	1,00	18,00	16,00	16,00	17,00	170,00	26,00	400,00
44	12,00	23,00	2,70	82,00	24,00	8,40	24,00	280,00	160,00	110,00
45	9,10	23,00	2,40	21,00	12,00	9,00	46,00	420,00	140,00	320,00
46	9,60	25,00	2,10	41,00	37,00	13,00	35,00	680,00	78,00	270,00
51	12,00	24,00	2,30	9,80	18,00	13,00	13,00	120,00	26,00	140,00
52	12,00	31,00	1,00	120,00	79,00	13,00	30,00	400,00	280,00	230,00
56	7,40	20,00	1,00	29,00	18,00	10,00	38,00	110,00	120,00	260,00

Таблица 4.12.

Содержания литофильных микроэлементов в почво-грунтах

№ пробы	Li	Be	Sr	Ba	Sc	Y	La	Ce	Yb	Zr	V	Nb	Cr	W
20	2,50	11,00	530,00	72,00	66,00	2,30	28,00	33,00	1,60	14,00	47,00	6,80	230,00	0,93
214	36,00	11,00	350,00	41,00	52,00	1,90	25,00	30,00	1,40	12,00	150,00	5,30	150,00	0,89
213	2,50	15,00	820,00	59,00	99,00	2,80	29,00	47,00	1,90	14,00	57,00	7,10	190,00	0,81
212	2,50	24,00	380,00	39,00	48,00	2,10	22,00	30,00	1,40	9,60	44,00	4,80	150,00	0,27
174	2,50	42,00	850,00	97,00	93,00	2,90	32,00	59,00	3,60	19,00	92,00	11,00	180,00	0,43
173	13,00	12,00	1400,00	53,00	58,00	1,90	25,00	42,00	1,80	14,00	46,00	6,90	180,00	2,30
172	29,00	5,00	1100,00	55,00	110,00	2,40	33,00	76,00	2,40	17,00	160,00	7,70	170,00	0,48
171	5,40	17,00	690,00	44,00	72,00	2,10	26,00	46,00	1,40	12,00	54,00	5,60	130,00	1,30
211	6,10	16,00	290,00	34,00	110,00	4,30	39,00	50,00	1,80	14,00	49,00	3,80	460,00	0,03
25	2,50	12,00	1100,00	49,00	66,00	1,90	26,00	37,00	1,90	14,00	45,00	6,30	190,00	3,30
32	2,50	5,00	1300,00	38,00	80,00	1,30	20,00	57,00	1,80	13,00	140,00	4,90	120,00	0,54
33	9,20	18,00	900,00	44,00	70,00	0,96	18,00	36,00	0,64	11,00	87,00	4,00	150,00	0,83
34	14,00	21,00	1400,00	47,00	120,00	1,80	24,00	74,00	2,60	13,00	50,00	7,80	190,00	0,54
44	2,50	17,00	790,00	50,00	54,00	1,80	20,00	25,00	1,40	12,00	140,00	5,70	130,00	2,50
45	2,50	5,00	1100,00	43,00	43,00	1,40	23,00	35,00	1,40	12,00	130,00	4,40	160,00	1,80
46	24,00	5,00	1200,00	50,00	57,00	1,80	30,00	42,00	1,40	14,00	84,00	6,10	150,00	2,70
51	2,50	19,00	480,00	68,00	88,00	2,90	34,00	59,00	2,20	15,00	71,00	10,00	170,00	0,52
52	2,50	12,00	1300,00	50,00	69,00	2,30	32,00	46,00	3,50	17,00	140,00	6,90	240,00	5,40
56	2,50	5,00	1200,00	37,00	46,00	1,50	19,00	36,00	1,20	11,00	76,00	4,20	140,00	0,48

Таблица 4.13.

Средние содержания химических элементов в почвах (по Волочковичу К.Л.)

Атомный номер	Хим. Элемент	Кларки почвы	Атомный номер	Хим. Элемент	Кларки почвы
3	Li	25	39	Y	30
4	Be	0,3	40	Zr	400
21	Sc	7	41	Nb	10
23	V	90	42	Mo	1,2
24	Cr	70	47	Ag	0,05
27	Co	8	50	Sn	4
28	Ni	50	56	Ba	500
29	Cu	30	57	La	40
30	Zn	90	58	Ce	50
31	Ga	20	70	Yb	3
32	Ge	1	74	W	1,5
38	Sr	250	82	Pb	12

Таблица 4.14.

Кларк концентрации сидерофильных и халькофильных микроэлементов в почво-грунтах

№ пробы	Co	Ni	Ge	Sn	Pb	Ga	Mo	Zn	Cu	Ag
20	1,38	0,44	1,00	8,50	1,83	0,49	10,83	1,56	1,80	18,60
214	1,13	0,64	2,50	4,25	3,42	0,36	45,83	7,11	3,03	17,80
213	1,19	0,40	2,30	8,25	2,33	0,60	10,00	1,78	2,90	16,20
212	1,38	0,32	2,30	1,23	0,83	0,38	7,92	1,33	1,90	5,40
174	2,25	0,78	1,00	1,30	1,17	0,60	27,50	2,56	1,67	8,60
173	1,50	0,48	1,00	11,00	2,42	0,46	11,67	3,67	2,63	46,00
56	0,93	0,40	1,00	7,25	1,50	0,50	31,67	1,22	4,00	9,60
52	1,50	0,62	1,00	30,00	6,58	0,65	25,00	4,44	9,33	108,00
44	1,50	0,46	2,70	20,50	2,00	0,42	20,00	3,11	5,33	50,00
51	1,50	0,48	2,30	2,45	1,50	0,65	10,83	1,33	0,87	10,40
46	1,20	0,50	2,10	10,25	3,08	0,65	29,17	7,56	2,60	54,00
45	1,14	0,46	2,40	5,25	1,00	0,45	38,33	4,67	4,67	36,00
34	0,89	0,26	1,00	4,50	1,33	0,80	14,17	1,89	0,87	10,80
33	1,01	0,38	2,30	8,25	1,25	0,28	5,25	3,56	2,07	16,60
32	1,25	0,42	1,00	3,25	1,58	0,55	18,33	2,11	1,53	10,80
25	1,38	0,44	1,00	17,75	3,00	0,35	6,92	1,89	2,90	66,00
172	1,75	0,54	1,00	4,00	1,17	0,60	15,00	1,44	2,07	9,60
171	1,38	0,38	2,70	11,00	2,83	0,60	10,00	3,00	3,67	26,00
211	1,38	0,19	1,00	0,98	0,76	0,38	8,33	0,64	2,93	0,64

Таблица 4.15.

Кларк концентрации литофильных микроэлементов в почво-грунтах (нормированные на кларки Волочковича К.Л и д.р., 1999)

№ пробы	Li	Be	Sr	Ba	Sc	Y	La	Ce	Yb	Zr	V	Nb	Cr	W
20	0,44	5,33	0,72	1,06	0,97	0,93	0,83	1,32	0,77	0,58	0,80	1,40	0,67	1,67
214	0,44	4,67	0,68	0,70	0,76	0,83	0,75	1,04	0,63	0,38	0,46	1,20	2,14	24,00
213	0,60	6,33	0,40	1,64	1,01	0,97	1,18	1,98	0,93	0,48	0,66	1,40	0,81	1,67
212	0,96	4,67	0,60	0,76	0,69	0,73	0,75	0,96	0,70	0,38	0,43	0,96	0,63	1,67
174	1,68	12,00	0,72	1,70	1,57	1,07	1,48	1,86	0,97	0,45	1,08	1,90	1,31	1,67
173	0,48	6,00	0,84	2,80	0,99	0,83	1,05	1,16	0,63	0,45	0,59	1,40	0,66	8,67
56	0,20	4,00	1,04	2,40	0,60	0,63	0,90	0,92	0,50	0,35	0,41	1,10	1,09	1,67
52	0,48	11,67	0,92	2,60	0,99	1,07	1,15	1,38	0,77	0,60	0,56	1,70	2,00	1,67
44	0,68	4,67	0,44	1,58	0,81	0,67	0,63	1,08	0,60	0,33	0,56	1,20	2,00	1,67
51	0,76	7,33	0,56	0,96	1,43	1,13	1,48	1,76	0,97	0,43	0,76	1,50	1,01	1,67
46	0,20	4,67	1,08	2,40	0,87	1,00	1,05	1,14	0,60	0,38	0,56	1,40	1,20	16,00
45	0,20	4,67	1,28	2,20	0,63	0,77	0,88	0,86	0,47	0,40	0,48	1,20	1,86	1,67
34	0,84	8,67	1,60	2,80	1,11	0,80	1,85	2,40	0,60	0,48	0,52	1,30	0,71	9,33
33	0,72	2,13	0,92	1,80	0,57	0,60	0,90	1,40	0,32	0,38	0,49	1,10	1,24	6,13
32	0,20	6,00	1,04	2,60	0,70	0,67	1,43	1,60	0,43	0,30	0,42	1,30	2,00	1,67
25	0,48	6,33	0,44	2,20	0,90	0,87	0,93	1,32	0,63	0,48	0,54	1,40	0,64	1,67
172	0,20	8,00	1,16	2,20	1,10	1,10	1,90	2,20	0,80	0,43	0,61	1,70	2,29	19,33
171	0,68	4,67	0,56	1,38	0,80	0,87	1,15	1,44	0,70	0,33	0,49	1,20	0,77	3,60
211	0,64	6,00	1,88	0,58	0,54	1,30	1,25	2,20	1,43	1,15	0,38	1,40	0,70	4,07

По полученным данным были составлены геохимические спайдерграммы для культурных слоев, попадающие во временные рамки.

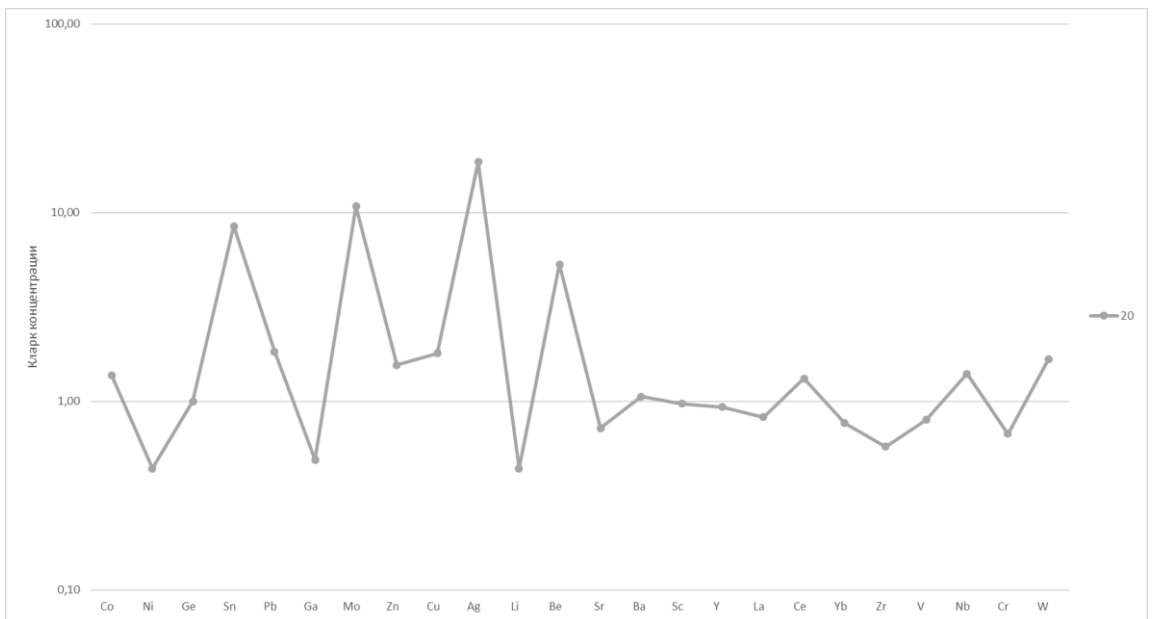


Рис 4.16. Геохимическая спайдерграмма современной почве (нормировано на Волочковича и др., 1999)

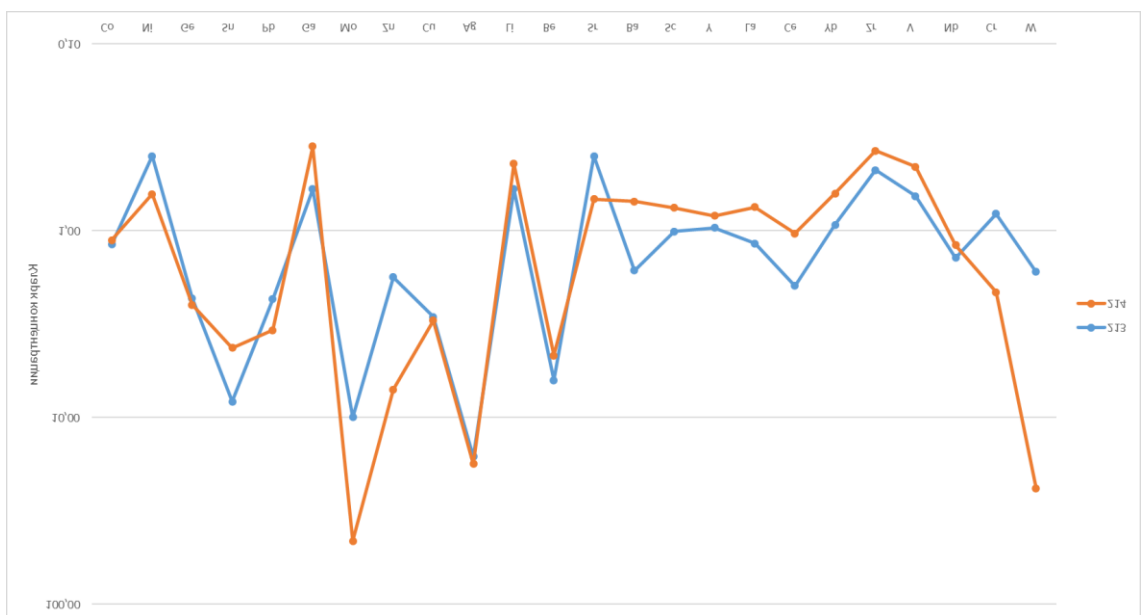


Рис 4.17. Геохимическая спайдерграмма почво-грунтов XVI – XVIII вв. (нормировано на Волочковича и др., 1999)

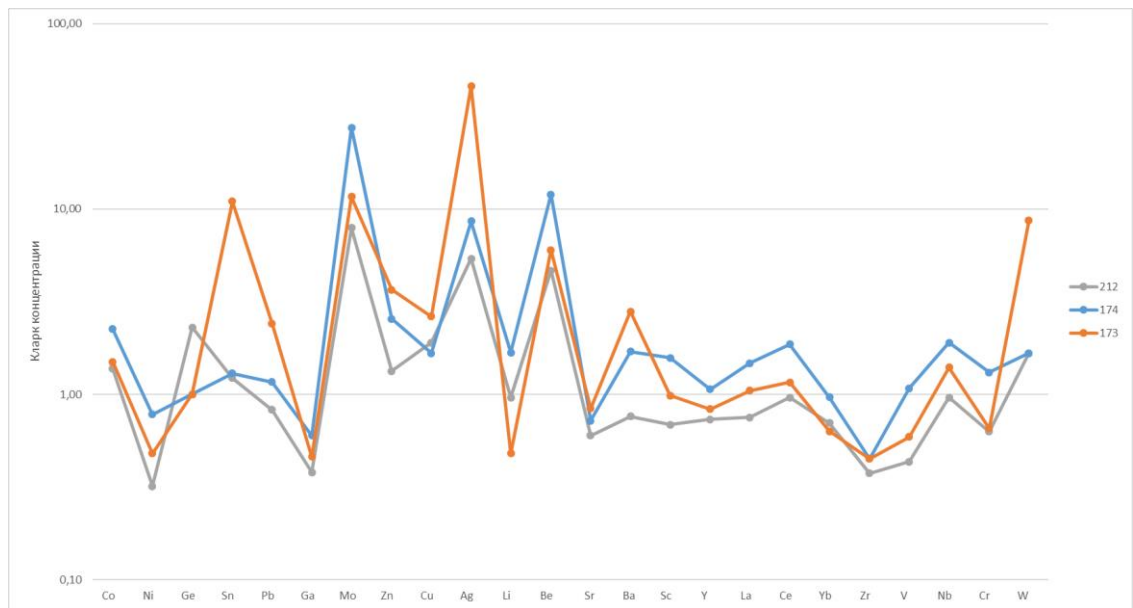


Рис 4.18. Геохимическая спайдерграмма почво-грунтов XI – XIII вв. (нормировано на Волочковича и др., 1999)

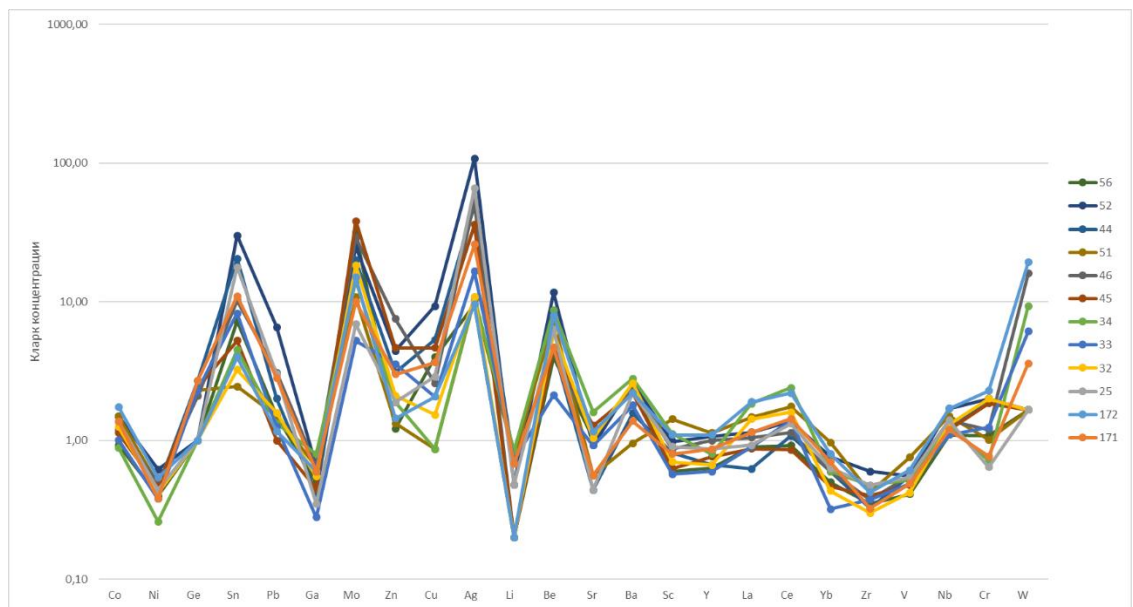


Рис 4.19. Геохимическая спайдерграмма почво-грунтов IX – X вв. (нормировано на Волочковича и др., 1999)

Чтобы сравнить между собой спайдерграммы, нужно определить средние значения для каждого временного промежутка. Также можно определить геохимические формулы для этих слоёв.

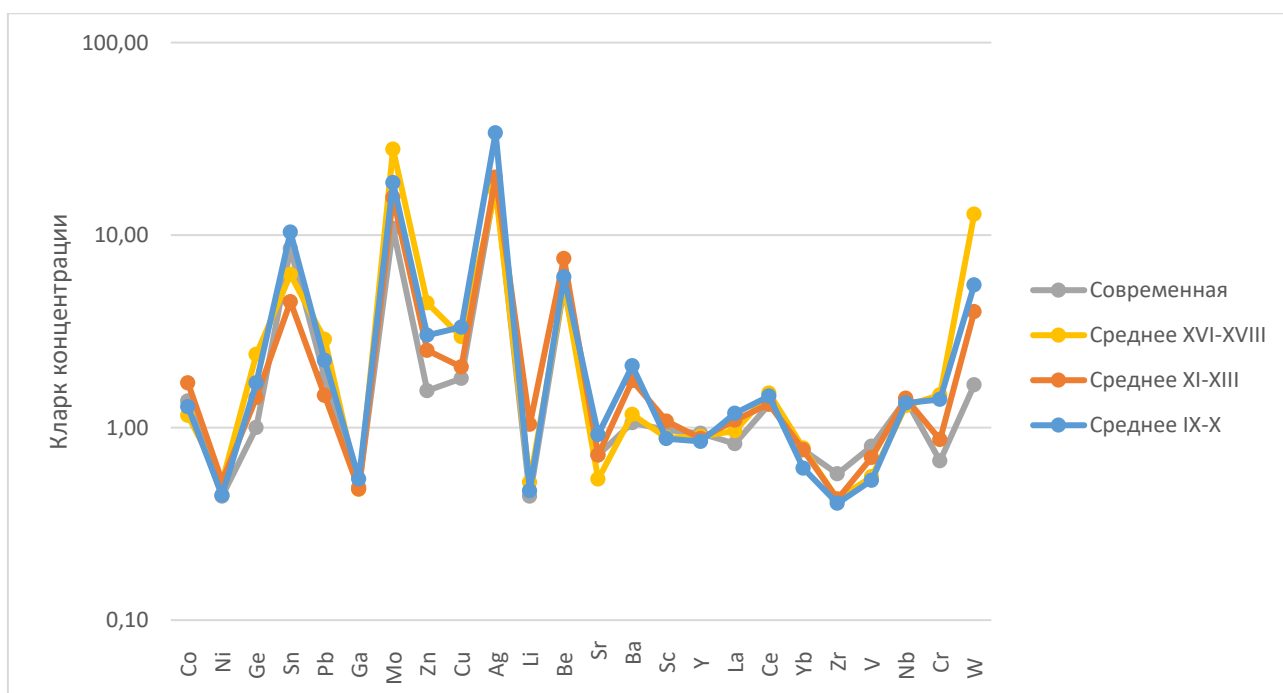


Рис 4.21. Геохимическая спайдерграмма культурных слоёв и современной почвы

Геохимическая формула современной почвы: $Ag_{18,60} - Mo_{10,83} - Sn_{8,50} - Be_{5,33} - Cd_{4,29} - B_{3,25} - Pb_{1,83} - Cu_{1,80} - W_{1,67} - Zn_{1,56} - Nb_{1,40} - Co_{1,38} - Ce_{1,32} - Ba_{1,06}$.

Геохимическая формула культурных слоёв XVI-XVIII вв.: $Mo_{27,92} - Ag_{17,00} - W_{12,83} - Sn_{6,25} - Be_{5,50} - Zn_{4,44} - Cd_{4,29} - B_{3,30} - Cu_{2,97} - Pb_{2,88} - Ge_{2,40} - Ce_{1,51} - Cr_{1,48} - Nb_{1,30} - Ba_{1,17} - Co_{1,16}$.

Геохимическая формула культурных слоёв XI-XIII вв.: $Ag_{20,00} - Mo_{15,69} - Be_{7,56} - Cd_{6,38} - Sn_{4,51} - W_{4,00} - B_{3,00} - Zn_{2,52} - Cu_{2,07} - Ba_{1,75} - Co_{1,71} - Pb_{1,47} - Ge_{1,43} - Nb_{1,42} - Ce_{1,33} - La_{1,09} - Sc_{1,08} - Li_{1,04}$.

Геохимическая формула культурных слоёв IX-X вв.: $Ag_{33,98} - Mo_{18,72} - Sn_{10,37} - Cd_{7,38} - Be_{6,07} - W_{5,51} - Cu_{3,33} - Zn_{3,02} - B_{2,81} - Pb_{2,24} - Ba_{2,09} - Ge_{1,71} - Ce_{1,46} - Cr_{1,40} - Nb_{1,34} - Co_{1,28} - La_{1,19}$.

У культурного слоя IX – X вв. повышенные значения Cu, Ag, Cd, Sn, Ba. Так как эти культурные слои отобраны с Земляного городища, то из этого можно сделать вывод, что данные элементы показывают антропогенное влияние (торговля и кузнечное ремесло).

В почвах XI – XIII вв. встречаются Co, Ni, Li, Be и Sc. В почво-грунтах XVI – XVIII вв. определены аномалии Ge, Pb, Mo, Zn, Cr и W. При этом Sr содержится меньше, чем в других образцах. По поводу современных проб можно сказать, что нет аномальных, кроме V, и минимальных содержаний элементов относительно других образцов.

По данным микроэлементного анализа можно составить схему ветвящихся связей и сделать факторный анализ. Так как для схемы и факторного анализа нужно использовать минимум 3 пробы, то выбор пал на пробы IX – X вв. и XI – XIII вв.

Для схемы ветвящихся связей составляется матрица парных коэффициентов корреляции.

В схеме ветвящихся связей элементов в почво-грунтах IX – X вв. можно выделить несколько групп элементов. 1 группа – Sn-Pb-Ag-Cu, можно интерпретировать как металлы, связанные с антропогенным фактором. 2 группа – Ni-Co-Nb, достаточно неочевидная для

данной местности группа. Можно предположить, что эти элементы привнесенные. Так как эта ассоциация связана с ультраосновными породами, тогда это может быть влияние четвертичных отложений, образованных ледником. Остальные группы связать также с магматическими (La-Ce) и осадочными породами (Sr-Ba).

В схеме ветвящихся связей элементов в почво-грунтах XI – XIII вв. антропогенное влияние показывает группа Ag-W-Sn. Все остальные связаны с породами.

Для ремесленной зоны характерны аномалии: $Ag_{67,5} - Sn_{19,8} - Be_{7,2} - Cu_{5,1} - Pb_{3,5} - Nb_{1,4}$.
Для сельскохозяйственной зоны: $Mo_{37,8} - W_{13,9} - Zn_{6,4} - Ge_{2,3} - Cr_{1,7}$. Для зольников: $Ba_{2,4} - Ce_{1,8}$.

Далее рассмотрим факторный анализ.

Таблица 4.16.

Матрица парных коэффициентов корреляции между содержаниями у почво-грунтов IX-X вв.

Переменная																		
	Sr	Ba	V	Cr	Co	Ni	Zr	Nb	Ce	La	Li	W	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag
Sr	1,00	0,71	-0,31	0,15	-0,51	-0,26	0,16	0,02	0,35	0,50	-0,30	0,45	0,42	-0,43	-0,19	-0,25	0,13	-0,29
Ba	0,71	1,00	-0,54	0,18	-0,39	-0,04	0,32	0,13	0,11	0,22	-0,48	0,24	0,41	0,09	0,15	0,20	0,17	0,21
V	-0,31	-0,54	1,00	-0,02	0,61	0,40	0,37	0,62	0,38	0,33	0,37	0,22	-0,32	0,01	-0,16	0,08	-0,08	0,08
Cr	0,15	0,18	-0,02	1,00	0,48	0,62	-0,02	0,35	-0,07	0,04	-0,48	0,14	0,39	0,15	0,40	0,07	0,13	0,16
Co	-0,51	-0,39	0,61	0,48	1,00	0,72	0,18	0,71	0,18	0,18	-0,06	0,16	-0,22	0,31	0,23	0,31	-0,10	0,30
Ni	-0,26	-0,04	0,40	0,62	0,72	1,00	0,39	0,71	-0,24	-0,11	-0,42	0,10	0,30	0,49	0,59	0,58	0,33	0,61
Zr	0,16	0,32	0,37	-0,02	0,18	0,39	1,00	0,67	0,28	0,25	0,17	0,04	-0,02	0,49	0,42	0,62	0,05	0,61
Nb	0,02	0,13	0,62	0,35	0,71	0,71	0,67	1,00	0,46	0,55	-0,14	0,39	-0,08	0,26	0,19	0,50	0,01	0,40
Ce	0,35	0,11	0,38	-0,07	0,18	-0,24	0,28	0,46	1,00	0,93	0,36	0,48	-0,55	-0,35	-0,51	-0,17	-0,45	-0,37
La	0,50	0,22	0,33	0,04	0,18	-0,11	0,25	0,55	0,93	1,00	0,06	0,53	-0,28	-0,48	-0,49	-0,18	-0,39	-0,42
Li	-0,30	-0,48	0,37	-0,48	-0,06	-0,42	0,17	-0,14	0,36	0,06	1,00	-0,24	-0,66	0,14	-0,14	0,02	-0,24	-0,04
W	0,45	0,24	0,22	0,14	0,16	0,10	0,04	0,39	0,48	0,53	-0,24	1,00	-0,04	-0,29	-0,35	-0,16	0,25	-0,20
Mo	0,42	0,41	-0,32	0,39	-0,22	0,30	-0,02	-0,08	-0,55	-0,28	-0,66	-0,04	1,00	0,05	0,45	0,09	0,46	0,21
Sn	-0,43	0,09	0,01	0,15	0,31	0,49	0,49	0,26	-0,35	-0,48	0,14	-0,29	0,05	1,00	0,84	0,85	0,31	0,92
Cu	-0,19	0,15	-0,16	0,40	0,23	0,59	0,42	0,19	-0,51	-0,49	-0,14	-0,35	0,45	0,84	1,00	0,75	0,35	0,80
Pb	-0,25	0,20	0,08	0,07	0,31	0,58	0,62	0,50	-0,17	-0,18	0,02	-0,16	0,09	0,85	0,75	1,00	0,39	0,89
Zn	0,13	0,17	-0,08	0,13	-0,10	0,33	0,05	0,01	-0,45	-0,39	-0,24	0,25	0,46	0,31	0,35	0,39	1,00	0,52
Ag	-0,29	0,21	0,08	0,16	0,30	0,61	0,61	0,40	-0,37	-0,42	-0,04	-0,20	0,21	0,92	0,80	0,89	0,52	1,00

Для матрицы культурных слоёв IX – X вв. использовались 12 проб. Чтобы определить, какие значения можно использовать для обработки, воспользуемся критическими значениями коэффициентов корреляции r-Пирсона. Критическое значение для уровня значимости (p) = 0,05. Исходя из этого мы воспользуемся критическим значением равным 0,576.

Таблица 4.17.

Матрица парных коэффициентов корреляции между содержаниями у почво-грунтов XI-XIII вв.

Переменная																		
	Sr	Ba	V	Cr	Co	Ni	Zr	Nb	Ce	La	Li	W	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag
Sr	1,00	1,00	0,23	0,04	0,13	0,34	0,87	0,47	0,21	0,41	-0,40	0,87	0,18	0,87	0,73	0,95	1,00	0,90
Ba	1,00	1,00	0,19	-0,01	0,09	0,30	0,84	0,43	0,17	0,37	-0,44	0,89	0,14	0,89	0,76	0,96	1,00	0,92
V	0,23	0,19	1,00	0,98	0,99	0,99	0,69	0,97	1,00	0,98	0,80	-0,29	1,00	-0,28	-0,50	-0,08	0,26	-0,22
Cr	0,04	-0,01	0,98	1,00	1,00	0,95	0,53	0,90	0,98	0,93	0,90	-0,47	0,99	-0,46	-0,66	-0,28	0,06	-0,40
Co	0,13	0,09	0,99	1,00	1,00	0,98	0,61	0,94	1,00	0,96	0,86	-0,38	1,00	-0,38	-0,58	-0,18	0,16	-0,31
Ni	0,34	0,30	0,99	0,95	0,98	1,00	0,77	0,99	0,99	1,00	0,73	-0,17	0,99	-0,17	-0,40	0,03	0,37	-0,10
Zr	0,87	0,84	0,69	0,53	0,61	0,77	1,00	0,85	0,67	0,81	0,11	0,50	0,65	0,51	0,29	0,67	0,88	0,56
Nb	0,47	0,43	0,97	0,90	0,94	0,99	0,85	1,00	0,96	1,00	0,63	-0,04	0,95	-0,03	-0,27	0,17	0,49	0,03
Ce	0,21	0,17	1,00	0,98	1,00	0,99	0,67	0,96	1,00	0,98	0,81	-0,31	1,00	-0,30	-0,52	-0,10	0,24	-0,24
La	0,41	0,37	0,98	0,93	0,96	1,00	0,81	1,00	0,98	1,00	0,67	-0,10	0,97	-0,09	-0,33	0,11	0,44	-0,03
Li	-0,40	-0,44	0,80	0,90	0,86	0,73	0,11	0,63	0,81	0,67	1,00	-0,80	0,83	-0,80	-0,92	-0,66	-0,37	-0,76
W	0,87	0,89	-0,29	-0,47	-0,38	-0,17	0,50	-0,04	-0,31	-0,10	-0,80	1,00	-0,34	1,00	0,97	0,98	0,85	1,00
Mo	0,18	0,14	1,00	0,99	1,00	0,99	0,65	0,95	1,00	0,97	0,83	-0,34	1,00	-0,33	-0,54	-0,14	0,21	-0,27
Sn	0,87	0,89	-0,28	-0,46	-0,38	-0,17	0,51	-0,03	-0,30	-0,09	-0,80	1,00	-0,33	1,00	0,97	0,98	0,86	1,00
Cu	0,73	0,76	-0,50	-0,66	-0,58	-0,40	0,29	-0,27	-0,52	-0,33	-0,92	0,97	-0,54	0,97	1,00	0,91	0,71	0,95
Pb	0,95	0,96	-0,08	-0,28	-0,18	0,03	0,67	0,17	-0,10	0,11	-0,66	0,98	-0,14	0,98	0,91	1,00	0,94	0,99
Zn	1,00	1,00	0,26	0,06	0,16	0,37	0,88	0,49	0,24	0,44	-0,37	0,85	0,21	0,86	0,71	0,94	1,00	0,89
Ag	0,90	0,92	-0,22	-0,40	-0,31	-0,10	0,56	0,03	-0,24	-0,03	-0,76	1,00	-0,27	1,00	0,95	0,99	0,89	1,00

Для данной матрицы использовались 3 пробы. Критическое значение равно 0,9969.

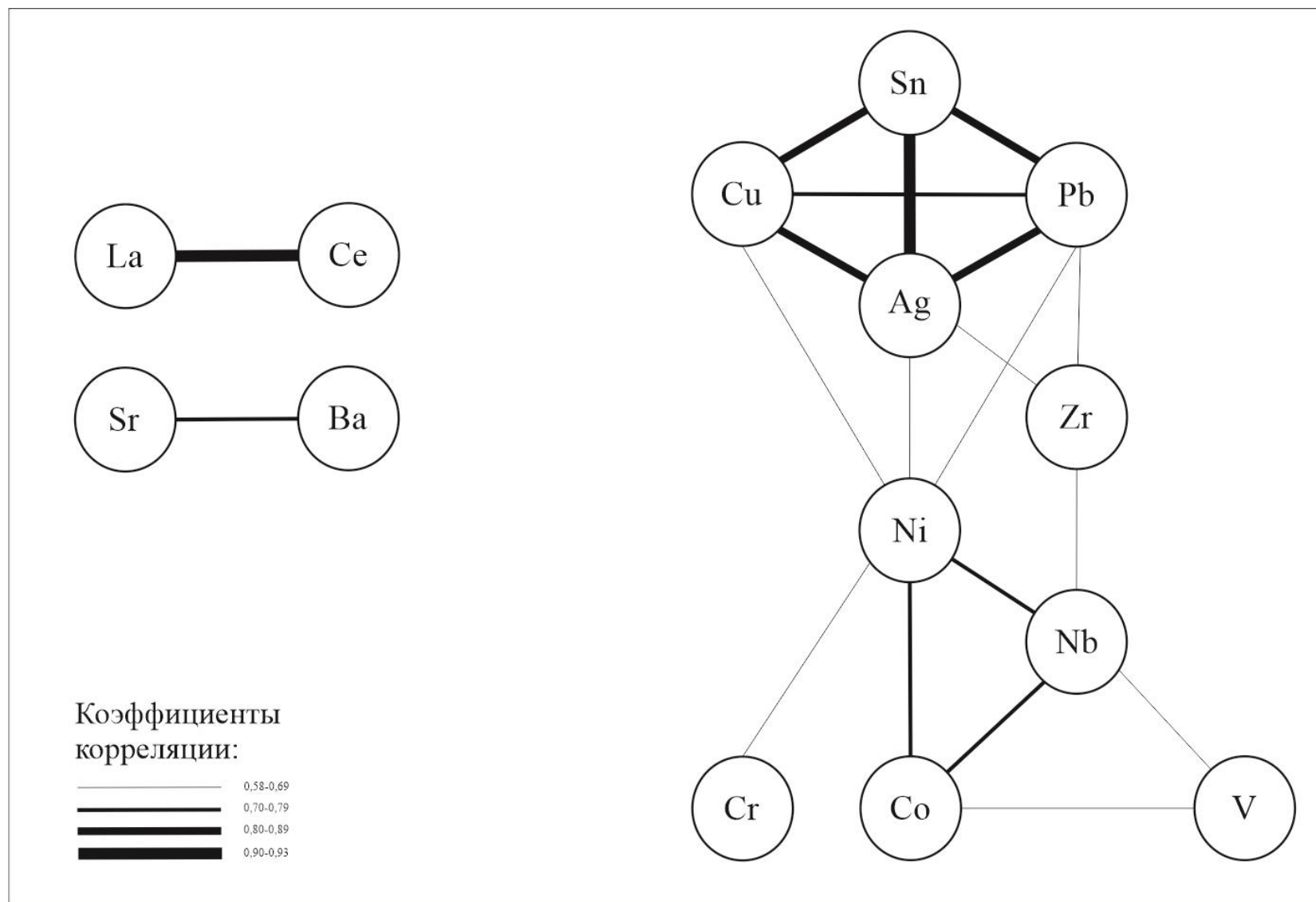


Рис 4.22. Схема ветвящихся связей элементов в почво-грунтах IX – X вв.

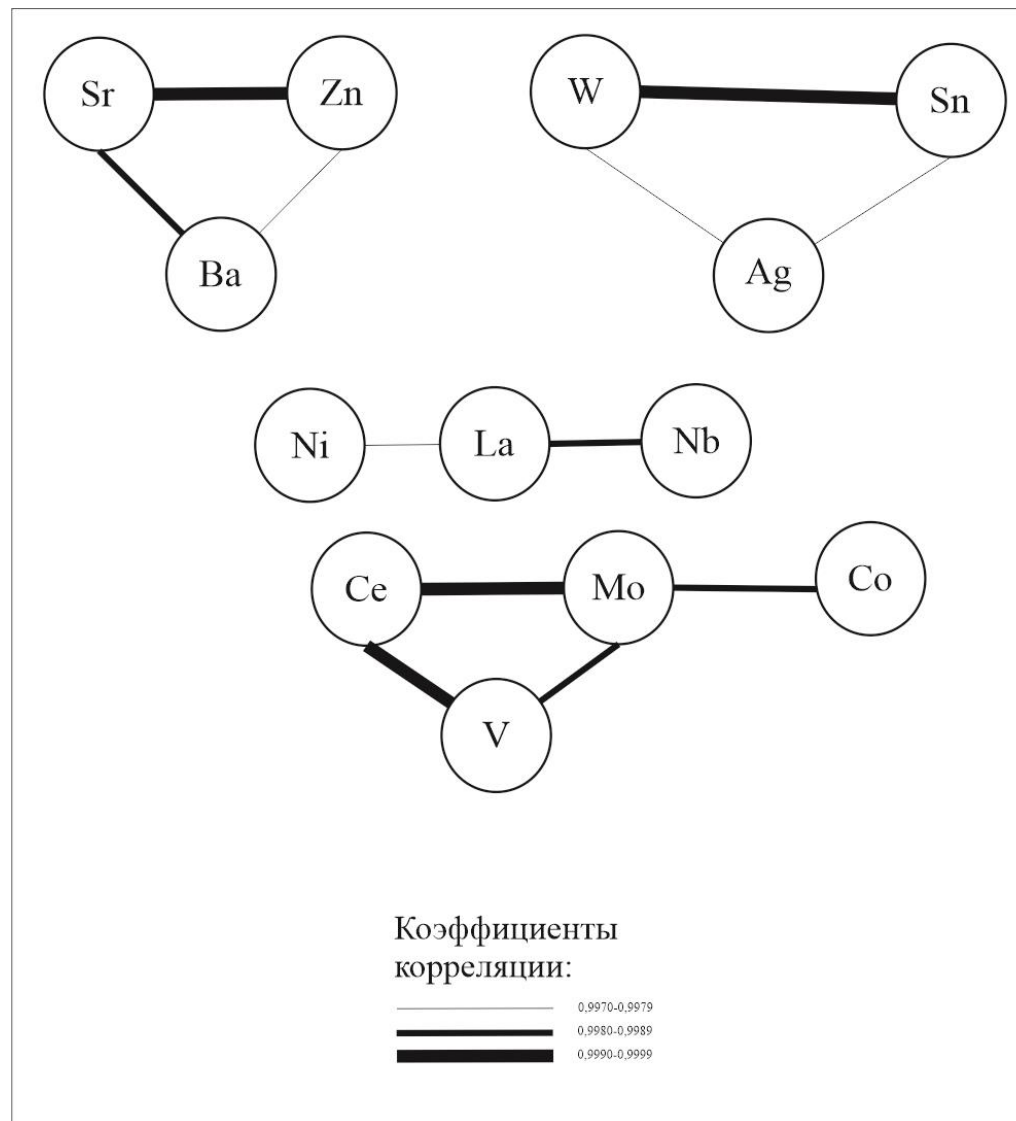


Рис 4.23. Схема ветвящихся связей элементов в почво-грунтах XI – XIII вв.

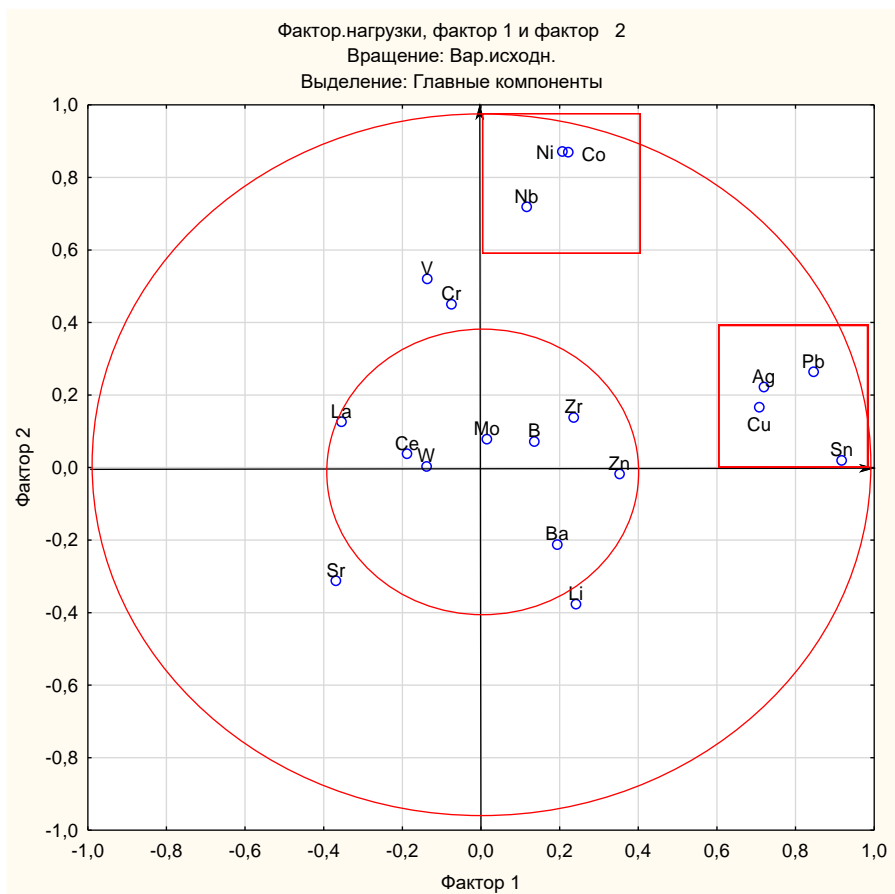


Рис 4.24. Диаграмма факторов 1 и 2 для почво-грунтов IX – X вв.

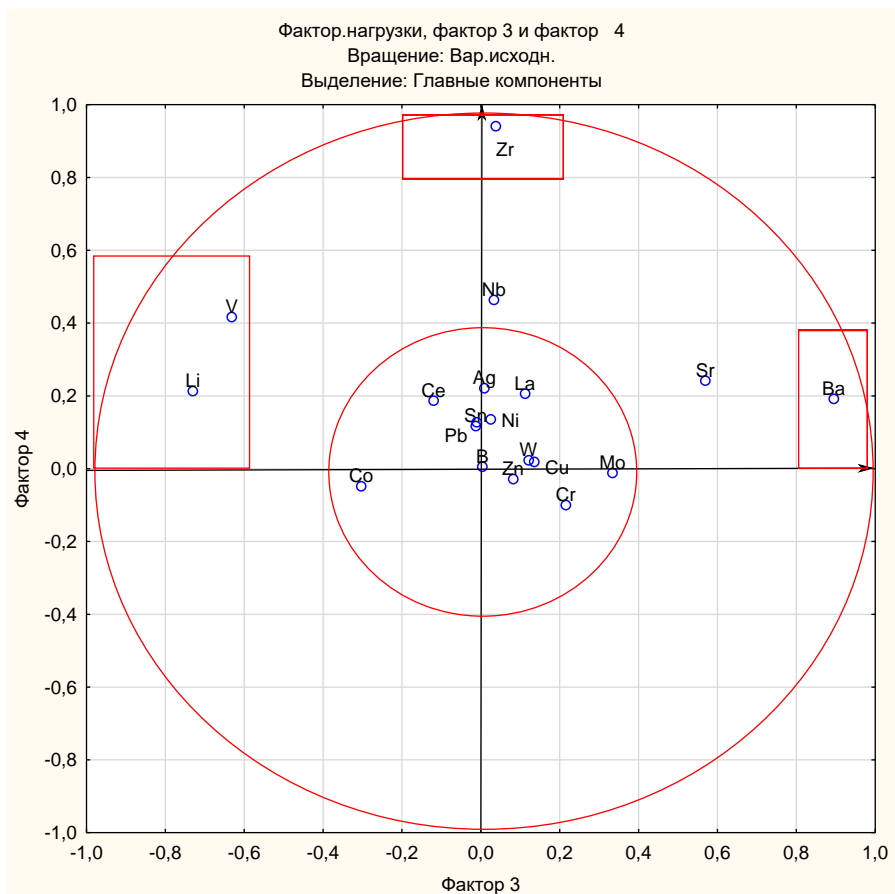


Рис 4.25. Диаграмма факторов 3 и 4 для почво-грунтов IX – X вв.

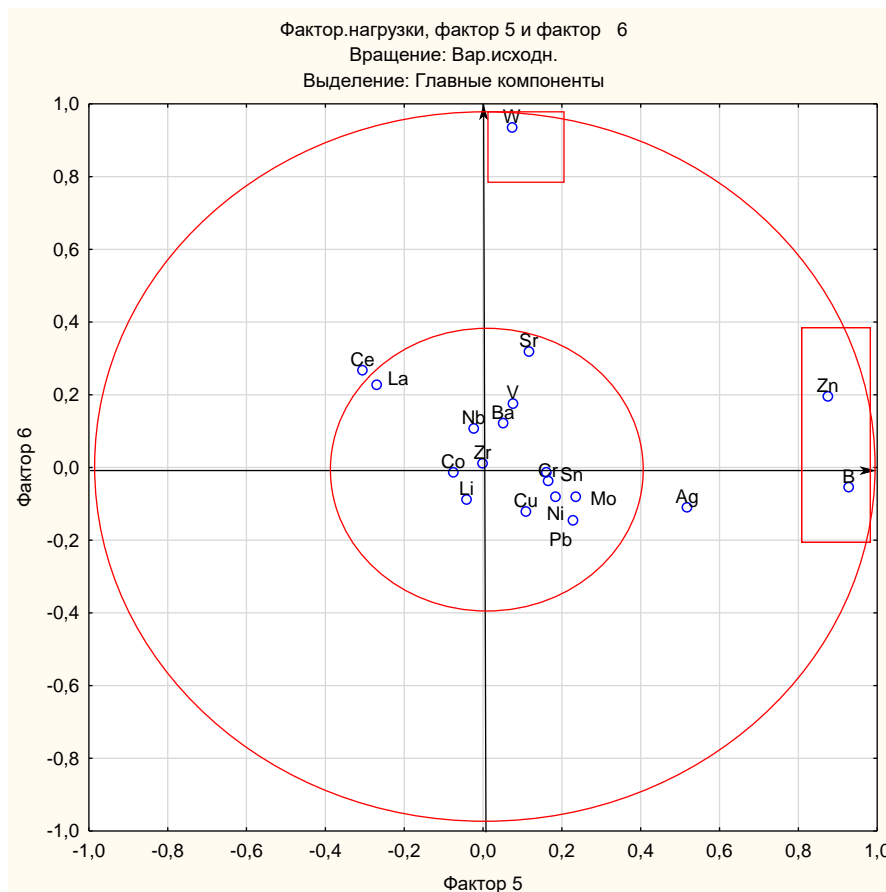


Рис 4.26. Диаграмма факторов 5 и 6 для почво-грунтов IX – X вв.

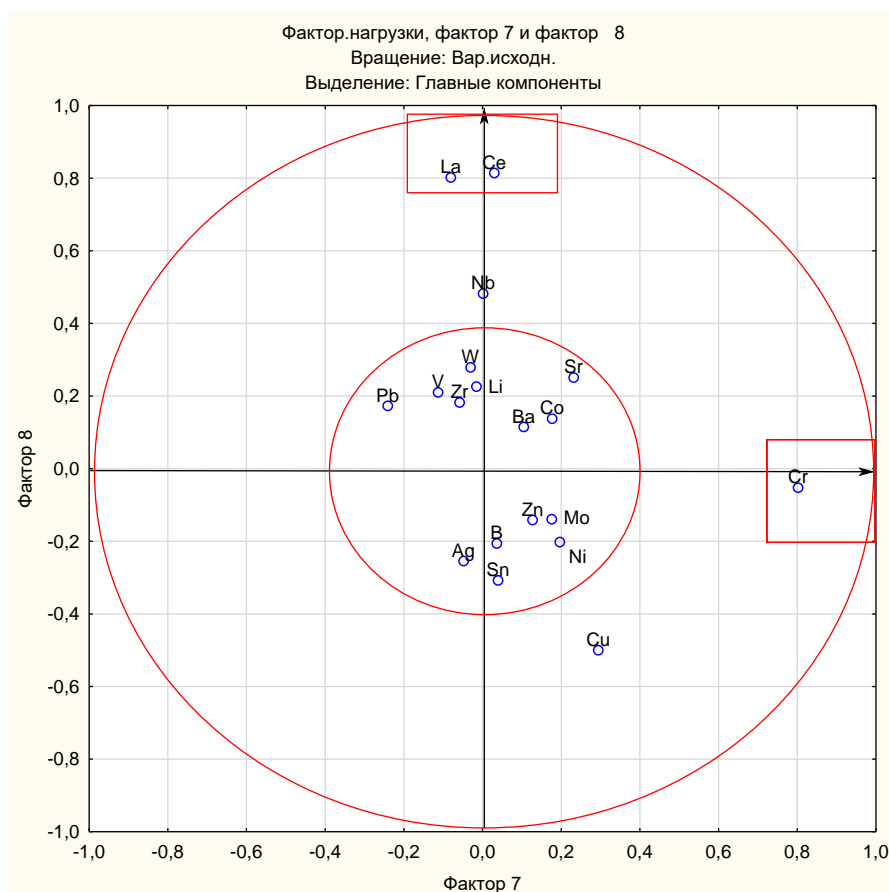


Рис 4.27. Диаграмма факторов 7 и 8 для почво-грунтов IX – X вв.

$F_1 = Sn_{92}Pb_{85}Ag_{72}Cu_{71}$. F_1 – Фактор антропогенного влияния.

$F_2 = Ni_{87}Co_{87}Nb_{71}$. F_2 – Магматическая ультраосновная порода.

$F_3 = \frac{Ba_{90}}{Li_{73}V_{63}}$. F_3 – Осадочная глинистая ассоциация с выносом бария.

$F_4 = Zr_{94}$. F_4 – Распределение циркония.

$F_5 = Zn_{88}$. F_5 – Распределение цинка.

$F_6 = W_{94}$. F_6 – Распределение вольфрама.

$F_7 = Cr_{80}$. F_7 – Распределение хрома.

$F_8 = Ce_{81}La_{80}$. F_8 – Магматическая кислая (гранитоидная) порода.

Из этих факторов самые информативные являются первые три. Как и в схеме ветвящихся связей есть группа микроэлементов, связанные с деятельностью людей (1 фактор), а также с ледниковыми отложениями (2 фактор). 3 фактор можно интерпретировать микроэлементы, связанные со слюдами или глинистыми минералами. Оставшиеся факторы являются неинформативными, потому что выделяются отдельные элементы.

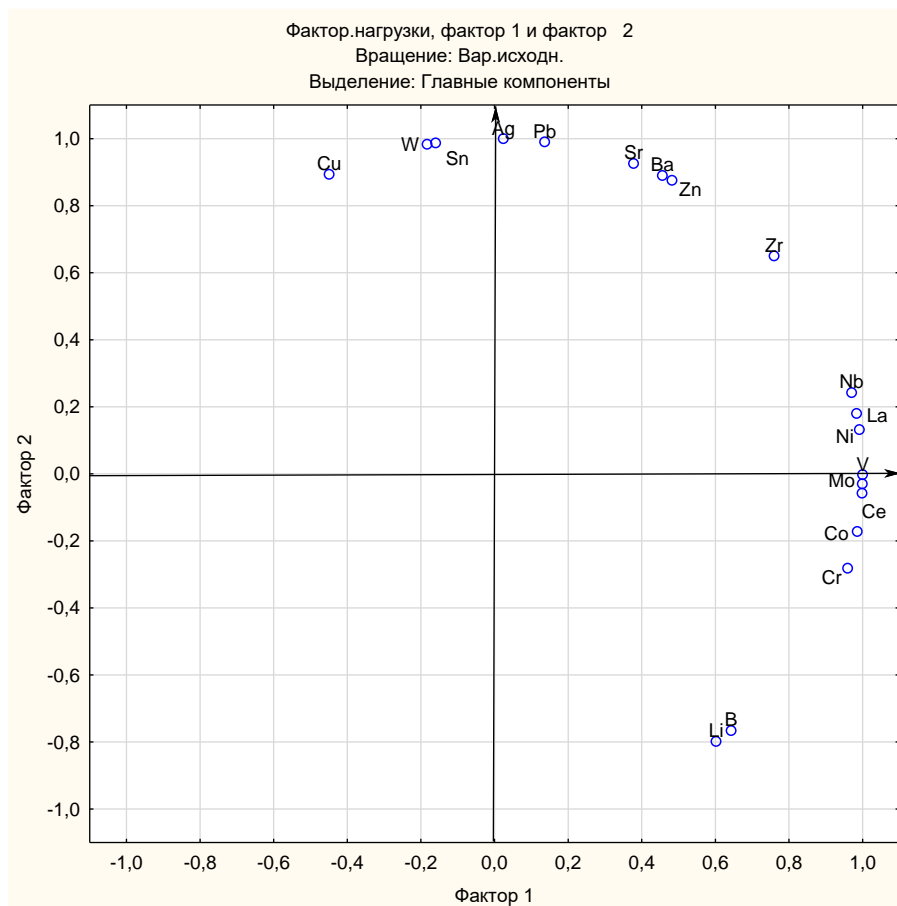


Рис 4.28. Диаграмма факторов 1 и 2 для почво-грунтов XI – XIII вв.

$$F_1 = V_{99,9}Mo_{99,9}Ce_{99,8}$$

$$F_2 = Ag_{99,9}$$

Больше двух фактор нельзя вычислить, потому что для расчетов использовались 3 пробы. К сожалению, первый фактор достаточно неочевидный. Он связан с породами, но больше сказать нечего. Серебро во втором факторе, на примере предыдущих исследований, связан с антропогенным фактором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы.

- 1) В культурных слоях района Старая Ладога выделены четыре функциональные зоны: зольники, сельскохозяйственные, ремесленные и мусорные, которые различаются по структурным характеристикам и количеству органической составляющей.
- 2) Петрографический анализ и сканирующая электронная микроскопия позволили установить в культурных слоях терригенную составляющую, костные и древесные остатки. Среди вторичных минералов наиболее распространены гидроокислы железа и пирит.
- 3) На основании величин Гидролизатного и Алюмокремниевого модулей, рассчитанных по методике Я.Э. Юдовича и М.П. Кетриса (2000), степень выветривания больше у почво-грунтов IX-X вв. по сравнению с почво-грунтами XI-XIII вв. и у ремесленной функциональной зоны по сравнению с ремесленной зоной.
- 4) Для ремесленной зоны характерны аномалии: $Ag_{67,5} - Sn_{19,8} - Be_{7,2} - Cu_{5,1} - Pb_{3,5} - (Co, Nb)_{1,4}$, для сельскохозяйственной зоны: $C_{орг} - 53,2, Zn_{6,4} - Ge_{2,3} - Cr_{1,7}$, для горелой зоны: $Ba_{2,4} - Se_{1,8}$, для мусорной зоны: $P_2O_5 - 1,7$.
- 5) Для определения палеоклимата использовался индекс химического выветривания – CIA (Nesbitt, Young, 1989). На его основании можно сделать вывод, что культурные слои формировались в семиаридных ландшафтно-климатических условия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) *Александровский А.Л., Кренке Н.А., Нефёдов В.С.* Исследования почв и отложений под культурным слоем земляного городища Старой Ладogi // Краеугольный камень. Археология, история, искусство, культура России и сопредельных стран. /Под ред. Носова Е.Н., Белецкого С.В. Издательство Ломоносовъ, 2010 (ISBN: 978-5-91678-062-8.560 с.). Т. 1. С. 43–61.
- 2) *Вербицкий В. Р., Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с. + 18 вкл.
- 3) *Гавриленко В.В., Панова Е.Г.* Введение в минералогию и геохимию горных пород окрестностей Ленинграда. Под ред. Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственного университета имени А.А.Жданова, 1998. – 28 с.
- 4) *Даринский А. В.* География Ленинградской области. — СПб.: Глагол, 2001. — 128 с.
- 5) *Злобин Д.Ю.* О классификации грунтов культурного слоя. Ж. Российская археология, 2008, №1, с. 48-52
- 6) *Кирпичников А.Н.* Новое в археологии Старой Ладogi: материалы и исследования / ИИМК РАН. — СПб.: Невская Книжная Типография, 2018. 7— 20 с., (Труды ИИМК РАН.Т. LIII).
- 7) *Киселев И.И., Проскуряков В.В., Саванин В.В.* Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. 2е издание, дополненное и исправленное С.-Петербург, 2002 г.
- 8) *Кулькова М.А.* Геохимическая индикация ландшафтно-палеоклиматических условий в голоцене регионов Двинско-Ловатского междуречья и Южной Сибири: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук / М.А. Кулькова. – Санкт-Петербург, 2005. – 32с.
- 9) *Кулькова М.А.* Методы прикладных палеоландшафтных геохимических исследований / Учебное пособие. СПб, Издательство Государственного университета им. А.И.Герцена, 2012. - 120 с.
- 10) *Кулькова М.А.* Геохимическая индикация ландшафтно-климатических событий и антропогенной активности в позднем плейстоцене-голоцене на стоянках древнего человека Восточной Европы: научный доклад на соискание учетной степени доктора геолого-минералогических наук, 2022. – 102 с.
- 11) *Распопов И.М., Вилинбахов В.Б., Горелова Э.М., Кириллова В.А.* Ладoga. П.: Карельское книжное издательство, 1969. 188 с.
- 12) *Турецкий М.А., Васильева И.Н.* Древние культуры и этносы Самарского Поволжья. Учебное пособие. С.: Самарский Дом печати, 2007. 416 с.
- 13) *Щеглова К.Е.* Погребённые почвы археологического памятника Старая Ладoga// Материалы по изучению русских почв./Вып. 9 (36): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина Б.Ф.– СПбГУ, 2017. – 301—304 с.
- 14) *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
- 15) *Holliday, V.T.; Gartner, W.G.* Methods of soil P analysis in archaeology, Journal of Archaeological Science 34/2, 2007, 301–333.

- 16) *Nesbitt, H.W.; Young, G.M.* Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nat. Cell Biol.* 1982, p. 715–717.
- 17) *Schlezniger, D.R. & Howes, B.L.* 2000. Organic Phosphorus and Elemental Ratios as Indicators of Prehistoric Human Occupation. *Journal of Archaeological Science* 27: 479–92.
- 18) Палеонтолого-стратиграфический музей кафедры динамической и исторической геологии Санкт-Петербургского государственного университета. Экспозиция "Геология окрестностей Санкт-Петербурга" [Электронный ресурс]. URL: http://paleostratmuseum.ru/stud_coll_balt_geol_edu_1.html
- 19) Санкт-Петербургский государственный университет. Научный парк. Методы анализа состава вещества [Электронный ресурс]. URL: <https://researchpark.spbu.ru/equipment-analyt-rus/211-masv-ea3028-rus>
- 20) Геологическая карта дочетвертичных образований Ленинградской области. [Электронный ресурс]. URL: https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/szfo/leningradskaya_obl/geol.jpg
- 21) Геологическая карта четвертичных образований Ленинградской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/spb/4etverti4ka.pdf>
- 22) Карта Великого Волжского пути [Электронный ресурс]. URL: <https://diletant.media/upload/medialibrary/c5a/c5a926ead6497f29dbfbfe322ff711a6.webp>