

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*На правах рукописи*



**КУЧЕРЕНКО АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**

**СОДЕРЖАНИЕ И ПОДВИЖНОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ**  
**В ЧЕРНОЗЁМЕ ЮЖНОМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ВИНОГРАДА**  
**И ЧЕРЕШНИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

1.5.19. Почвоведение (биологические науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
**кандидата биологических наук**

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент Бирюкова Ольга Александровна

Ростов-на-Дону – 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	11
1.1 Развитие учения о микроэлементах и их роли в почвообразовании .....	11
1.2 Содержание микроэлементов в почвах .....	14
1.2.1 Валовое содержание .....	14
1.2.2 Подвижные соединения .....	19
1.3 Значение микроэлементов в жизни растений ампелоценоза и садового агроценоза .....	24
1.4 Содержание железа в почвах и его значение в жизни растений .....	27
1.5 Биологические особенности виноградного растения .....	29
1.6 Биологические особенности черешни .....	32
<b>ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	34
2.1 Физико-географические условия территории исследования .....	34
2.2 Характеристика объекта исследования .....	39
2.3 Методы исследования .....	44
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ</b> .....	49
3.1 Физико-химические свойства чернозема южного при выращивании винограда и черешни .....	49
3.2 Содержание и закономерности внутрипрофильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном целинных участков и чистого пара .....	65
3.3 Содержание и закономерности внутрипрофильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном в условиях ампелоценоза .....	78

3.4 Содержание и закономерности внутрипрофильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном в условиях садового агроценоза .....	91
3.5 Агроэкологическая оценка микроэлементного состава чернозема южного при выращивании винограда и черешни .....	104
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	113
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ</b> .....	115
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	116
<b>Приложение</b> .....	133
Приложение 1. Среднее содержание некоторых элементов в биосфере, мг/кг (Виноградов А.П., 1957) .....	133
Приложение 2. Обеспеченность почв микроэлементами для растений разных групп (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4,8) (Гончаренко и др., 2016). .....	133
Приложение 3. Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых в вытяжке ацетатно-аммонийного буферного раствора (рН 4,8) (Методические указания..., 2003).....	134
Приложение 4. Схема расположения природно-сельскохозяйственных зон Ростовской области (Зональные системы земледелия..., 2022).....	134
Приложение 5. Векторная карта почвообразующих пород Ростовской области (1:500 000) под редакцией Клименко Г.Г. (Карта почвообразующих пород..., 1977).....	135
Приложение 6. Схема ботанико-географических районов Ростовской области по Г.М. Зозулину и Г.Д. Пашкову (Зозулин, Пашков, 1980).....	135
Приложение 7. Фотографии почвенных разрезов и территории исследования	136
Приложение 8. Описания почвенных разрезов .....	137

Приложение 9. Физико-химические и агрохимические свойства чернозема южного при выращивании винограда и черешни .....	173
--	-----

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследований.** Чернозёмные почвы являются одними из наиболее плодородных и широко распространённых в мире. Они обладают высоким содержанием гумуса, благоприятными водно-воздушными свойствами и хорошей структурой. Однако интенсивное использование чернозёмов в сельском хозяйстве зачастую приводит к их деградации и снижению показателей плодородия (Лукин, Четверикова, 2015; Черников и др., 2015; Шеуджен, 2018; Жуйков, 2021).

Создание высокопродуктивных, ресурсоэнергоёмких и экологически устойчивых ампелоценозов и садовых агроценозов требует учёта всех почвенных характеристик. Общепринятыми критериями для оценки пригодности почвы для виноградников и садов являются: мощность рыхлого слоя, гранулометрический состав, физическое состояние, реакция среды (рН), содержание солей, солонцеватость, глубина залегания грунтовых вод (Черников, 2015; Роева, 2018; Surányi, 2022; Tello et al., 2023). В совокупности с этими важными факторами возрастает необходимость изучения микроэлементного состава, играющего важную роль в регуляции биологических процессов растения, а также в формировании высокой и стабильной урожайности (Даду, Григель, 2018; Роева, 2018; Битюцкий, 2020). Возделывание плодово-ягодных культур в Ростовской области имеет огромное значение для региональной экономики и продовольственной безопасности. Виноград и черешня являются ценными культурами в агропромышленном комплексе, поскольку они отличаются высокими урожаями при многолетней периодичности плодоношения. Их ценность обуславливается богатым составом полезных витаминов (виноград - А, С, К и В6; черешня - С, А, В1, В2, Е, РР), микроэлементов, пектиновых веществ, а также содержанием флавоноидов, оказывающих антиоксидантное действие на организм человека. По данным Федеральной службы государственной статистики урожай фруктов и ягод на

Дону в 2023 году вырос на 15 %, по сравнению с аналогичным периодом 2022 года (<https://rosstat.gov.ru/> [Электронный ресурс]). В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и необходимости обеспечения продовольственной безопасности, оценка запасов микроэлементов, их подвижности в почвах приобретает особую актуальность.

**Цель работы** – изучить содержание и подвижность микроэлементов в черноземе южном при выращивании винограда и черешни в Ростовской области.

**Задачи:**

1. Изучить влияние физико-химических свойств на подвижность и внутрипрофильное распределение микроэлементов и железа в черноземе южном при выращивании винограда и черешни.

2. Выявить основные особенности и закономерности внутрипрофильной дифференциации Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в чернозёме южном различных агроценозов.

3. Изучить групповой состав микроэлементов (Cu, Mn, Zn, Ni) в черноземе южном при сельскохозяйственном использовании.

4. Провести агроэкологическую оценку микроэлементного состава чернозема южного различных агроценозов.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Характер внутрипрофильной дифференциации валового содержания и подвижных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni отражает генетические особенности чернозёма южного и зависит от распределения в нём содержания гумуса, карбонатов и pH почвенного раствора. На целине и в агроценозах содержание микроэлементов (в различных формах) связано с гумусом, что подтверждает ключевую роль органического вещества в процессах аккумуляции и миграции микроэлементов в черноземе южном. В садовом агроценозе и ампелоценозе в большей степени, чем на целине, проявляется влияние CaCO<sub>3</sub> и pH на подвижность Mn, Zn, Ni.

2. Групповой состав микроэлементов является важным показателем плодородия почв и характеризует интенсивность их сельскохозяйственного использования. Основная часть Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном целины и различных агроценозов представлена прочносвязанными соединениями. Среди непрочносвязанных наибольшую долю составляют специфически сорбированные. Многолетнее выращивание винограда и черешни в условиях монокультуры приводит к изменению в групповом составе микроэлементов чернозема южного.

3. Расчет запасов микроэлементов в метровом слое (кг/га) позволяет оценить их реальное количество в черноземе южном и особенности изменения при многолетнем выращивании винограда и черешни. На целине интенсивность накопления общего содержания микроэлементов можно расположить в следующий ряд  $Mn > Zn > Cu > Ni$ , в агроценозах последовательность иная:  $Mn > Zn > Ni > Cu$ . В группе непрочносвязанных форм наибольшие различия установлены по запасам обменных соединений: на целине –  $Mn > Cu > Ni > Zn$ , в условиях ампелоценоза –  $Mn > Zn > Cu > Ni$ , в садовом агроценозе –  $Mn > Cu > Zn > Ni$ .

**Научная новизна исследования.** Впервые был изучен групповой состав микроэлементов (Cu, Mn, Zn, Ni) чернозема южного при многолетнем выращивании винограда и черешни. На основе полученных данных была дана оценка профильного распределения валового содержания и подвижных соединений микроэлементов, что позволяет комплексно подойти к изучению микроэлементного состава чернозёмов южных в различных агроценозах. Изучены особенности накопления и распределения микроэлементов в зависимости от свойств почвы и вида культуры, что расширяет возможности диагностики и оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур.

**Теоретическая значимость** работы обусловлена выявлением закономерностей и особенностей изменения микроэлементного состава

чернозема южного в различных агроценозах (ампелоценоз, садовый ценоз). Установленные взаимосвязи между физико-химическими свойствами и подвижностью микроэлементов способствуют развитию теоретических основ управления плодородием почв и качеством минерального питания сельскохозяйственных культур. Результаты расширяют понимание механизмов круговорота микроэлементов в агроэкосистемах и их роли в формировании почвенного плодородия.

**Практическая значимость.** Полученные результаты позволят разработать рекомендации по оптимизации плодородия почв, повышению продуктивности и устойчивости функционирования ампелоценоза и садового агроценоза. Установленные корреляции могут быть использованы для моделирования поведения микроэлементов в черноземах южных при их использовании для формирования ампелоценоза и садового агроценоза. Представленные в работе данные группового состава микроэлементов позволят объективно оценить состояние плодородия почв и разработать экологически безопасные методы земледелия. Информация о валовом содержании и подвижных соединениях микроэлементов в черноземе южном целинного участка может быть использована в качестве актуального фонового значения при оценке экологического состояния антропогенных ландшафтов.

**Личный вклад автора.** Автор принимал личное участие в экспедициях по закладке почвенных разрезов, их описаниях и отборах почвенных проб. Диссертант самостоятельно провел аналитические исследования образцов, отобранных в период 2019–2024 годов. Анализ результатов и статистическая обработка проводилась диссертантом самостоятельно.

**Степень достоверности и апробация результатов.** В ходе проведения почвенно-морфологического исследования было заложено 37 почвенных разрезов. Надежность выводов диссертации подтверждается использованием обоснованных методик, строгим соблюдением методических указаний и

требований ГОСТ при проведении исследований, а также сопоставлением полученных результатов с данными других научных работ. Достоверность результатов подтверждается статистической обработкой при  $p < 0,05$ . Результаты диссертационного исследования были представлены на конференциях различного уровня: Международные научные конференции: XXIII Докучаевские молодежные чтения (Санкт-Петербург, 2020); «Актуальные проблемы экологии и природопользования: партнерство в целях устойчивого развития и экологической безопасности» (Москва, 2021); «Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия» (Беларусь, 2021); «Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки» (Ростов-на-Дону, 2022); «Агрохимическая наука - синтез академических знаний и практического опыта» (Москва, 2023); «Современное состояние черноземов» (Ростов-на-Дону, 2023); «Ломоносов» (Москва, 2024); «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» (Курск, 2024). Всероссийские конференции: «Съезд общества почвоведов им. В.В. Докучаева» (Ростов-на-Дону, 2021); Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика (Рассвет, 2023); Никитинские чтения (Москва, 2023).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования было опубликовано 2 базы данных, 17 работ, в том числе 1 статья в журнале, входящем в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и Web of Science, 3 статьи опубликовано в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа представлена в объеме 174 страниц и включает в себя введение, 3 главы, выводы, список сокращений и условных обозначений, приложение, 30 таблиц, 41 рисунок, а также список использованной литературы, состоящий из 181 источника, 69 из которых на иностранных языках.

**Соответствие паспорту специальности.** Тема диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.5.19. Почвоведение по пункту 8 - «Оценка плодородия почв и мониторинг его состояния. Агрохимические и экологические основы управления почвенным плодородием и оптимизация его параметров».

**Финансовая поддержка исследования.** Исследования выполнены в рамках Проекта Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории в рамках межрегионального НОЦ Юга России (FENW-2024-0001) и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»).

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, д.с.-х.н., профессору О.А. Бирюковой за неоценимую помощь, постоянное внимание и поддержку в ходе выполнения настоящей диссертационной работы. Отдельную благодарность автор выражает сотрудникам кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ. Автор благодарен за совместное сотрудничество и всестороннее содействие генеральному директору ОАО «Янтарное» С.И. Толкуновой.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Развитие учения о микроэлементах и их роли в почвообразовании

Почва представляет собой уникальную систему, которая играет ключевую роль в жизни растений, животных и человека. Жизнедеятельность любого организма невозможно представить без микроэлементов. Именно они являются важными составляющими биохимических и физиологических процессов в организмах растений, животных и человека (Минеев и др., 2017; Kabata-Pendias, 2011).

Учение о микроэлементах было создано трудами многих отечественных и зарубежных ученых: В.И. Вернадский (1934), А.П. Виноградов (1957), Д.Н. Прянишников (1976), В.В. Ковальский (1970), В.А. Ковда (1973), Н.Г. Зырин (1981), R.H. Mitchell (1995), A. Kabata-Pendias (1989, 2011), S. Zhao (2005), C.E. Umebese, A.F. Motajo (2008), P. Hooda (2010).

В.И. Вернадский (1934) был одним из основателей геохимии – науки, изучающей химический состав Земли и законы распределения химических элементов в различных геосферах (атмосфере, гидросфере, литосфере). Его работы заложили основу для понимания того, как элементы мигрируют, концентрируются и рассеиваются в геологических процессах (Добровольский, 2013).

А.П. Виноградов (1957), развивая идеи В. И. Вернадского, ввёл во второй половине 1930-х годов понятие «биогеохимические провинции». Учение о геохимических зонах и биогеохимических провинциях позволило понять причины некоторых местных эндемических заболеваний животных и человека. Это учение способствовало разработке эффективных методов профилактики и лечения этих заболеваний.

В.В. Ковальский (1970), являясь крупнейшим представителем биогеохимической школы В. И. Вернадского, разработал биогеохимическое

районирование территории России, в результате которого выделил 4 основные биогеохимические зоны:

1. таёжно-лесная нечернозёмная зона. Для этой зоны характерен недостаток Са, Р, Со (73 % всех почв), Си (70 %), I (80 %), Мо (53 %), В (50 %), Zn (49 %). При этом наблюдается оптимальное содержание Mn (72 %) и относительный избыток Sr (15 %), особенно в поймах рек;
2. лесостепная и степная чернозёмная зона характеризуется оптимальным содержанием в почве Са и Со (96 % — серые лесные и 77 % — чернозёмные), Си (72–75 %), Mn (71–75 %). Содержание I, Zn, Мо сбалансировано с другими элементами, иногда наблюдается недостаток подвижного Mn;
3. сухостепная, полупустынная и пустынная зона отличается повышенным содержанием  $SO_4^{2-}$ , В (88 %), Zn (76 %), часто Sr (47 %), Мо (40 %). Наблюдается низкое содержание Си (40 %) и иногда Со (52 %);
4. горные зоны характеризуются недостатком I, Со, Си, Zn. Однако возможны варианты избытка Си, Zn, Со, Мо, Sr и др. (Ермаков, Ковальский, 2019).

С. В. Зонн (1982) внес значительный вклад в изучение соединений железа в почве, особенно в контексте лесных почв и их генезиса. Его работы помогли понять роль железа в формировании почвенного профиля, влияния на растения и участия в биогеохимических процессах. Ю.Н. Водяницкий (1989, 2003, 2009) помимо соединений железа и марганца, их роли в формировании почвенных структур, изучал и окислительно-восстановительные процессы, влияющие на трансформацию и подвижность микроэлементов.

Н.А. Протасова (2004, 2010, 2015) и Н.С. Горбунова (2008, 2011) являются авторами множества работ по систематическому исследованию валового содержания микроэлементов, их форм нахождения и закономерностей распределения в лесостепных и степных почвах Центрального Черноземья. Мониторинг содержания марганца, цинка, меди, никеля и других микроэлементов в почвах Центрально-Черноземной зоны России активно

проводится С.В. Лукиным (2012, 2015, 2023) и Д.В. Жуйковым (2019, 2021, 2022).

Г.В. Мотузовой (1972, 1999, 2009) были изучены закономерности распределения микроэлементов в различных типах почв, включая дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые, засоленные и заболоченные почвы. Особое внимание уделялось разработке методов фракционирования микроэлементов, позволяющих разделить их на различные формы (водорастворимые, обменные, связанные с органическим веществом, оксидами железа и марганца и т.д.).

Роль микроэлементов в питании растений рассматривается в работах Э.Ф. Рудакова и др. (1987), Т.А. Парибок (1970), А.Х. Шеуджена (2003, 2018), Г. Григель, К. Даду (2018), Т. А. Роевой (2018), Н.П. Битюцкого (2014, 2020).

Изучение микроэлементов в почвах Ростовской области началось ещё в середине XX века. Первые исследования, которые позволили получить представление о микроэлементах в различных типах почв региона, были проведены В.В. Акимцевым (Акимцев и др. 1962). Он изучил содержание и распределение меди, цинка, марганца, кобальта, молибдена и других микроэлементов в различных типах почв Ростовской области, а также влияние микроудобрений на рост сельскохозяйственных культур, их продуктивность.

Б.М. Хорошкин (1968, 1979), Е.В. Агафонов (1994) исследовали содержание различных микроэлементов в черноземах Ростовской области, а также изучали эффективность применения цинксодержащих удобрений.

И в настоящее время О.С. Безугловой (1999), Т.М. Минкиной (2008,2009, 2013,2017), О.А. Бирюковой (2010), К.Ш. Казеевым и С.И. Колесниковым (2000) продолжают исследования в области изучения элементного состава почв, особенная роль уделяется проблеме техногенного загрязнения почв и минерального питания растений.

## **1.2 Содержание микроэлементов в почвах**

Микроэлементы, несмотря на их незначительную концентрацию в почвах, играют жизненно важную роль в функционировании наземных экосистем. Их присутствие, доступность и взаимодействие оказывают определяющее влияние на рост и развитие растений, активность почвенной биоты и устойчивость почв к деградации. Для понимания их влияния необходимо различать валовое содержание микроэлементов – общее количество элемента в почве, и содержание подвижных (доступных, мобильных) соединений – форм, которые могут быть поглощены растениями и микроорганизмами. Изучение закономерностей содержания и распределения микроэлементов в почвах необходимо для решения широкого круга задач, от повышения продуктивности сельского хозяйства до обеспечения экологической безопасности территорий (Мотузова, 2009; P. Hooda, 2010; Битюцкий, 2020).

### **1.2.1 Валовое содержание**

Валовое содержание микроэлементов в почве — это показатель, отражающий общую массу микроэлементов, присутствующих в почвенном горизонте без учета их доступности для растений. Это значение учитывает все формы присутствия микроэлементов, включая те, что связаны с минеральной частью почвы, органическим веществом и прочими соединениями. Валовое содержание служит индикатором общей емкости почвы по накоплению микроэлементов и является важным параметром для оценки природного плодородия, потенциальной экологической опасности и степени загрязнения почвы (Акимцев, 1962; Катылымов, 1965; Минеев и др., 2017; Sagwal et al., 2023).

Согласно работам В.В. Акимцева (1962), М.В. Катылымова (1965), Д.С. Орлова (1985), Н.А. Протасовой (2004), Н.С. Горбуновой (2008), P. Hooda (2010), А. Kabata-Pendias (2011), В.Г. Минеева (2017), А.Х. Шеуджена (2018), Jayara et al. (2023) валовое содержание микроэлементов позволяет выявить общие запасы данных веществ, которые могут высвободиться под воздействием различных

природных и антропогенных факторов. Общее содержание отличается от подвижных соединений микроэлементов, которые непосредственно доступны растениям. Доказано, что только часть валового содержания элементов доступна растениям, а остальная часть находится в форме, труднодоступной или недоступной для биологического усвоения.

Основные пути поступления микроэлементов в почву:

1. почвообразующие и подстилающие породы. Одним из основных источников микроэлементов в почве являются почвообразующие и подстилающие породы. При выветривании минералов (механическом, химическом и биологическом) микроэлементы высвобождаются и переходят в почву. Например, железо, магний, кальций и другие элементы изначально содержатся в минералах, таких как магнетит и биотит (Виноградов, 1957; Самофалова, 2009; Hooda. P. 2010);

2. атмосферные осадки. Микроэлементы могут попадать в почву с дождем и снегом. Они поступают из атмосферных аэрозолей, которые содержат частицы морской соли, пыль, а также вулканические выбросы (Singh et al., 2011);

3. биологический круговорот. Микроэлементы циркулируют в экосистеме за счет разложения органических остатков. Опавшие листья, остатки корней и другие органические материалы, разлагаясь, возвращают микроэлементы в почву. Этот процесс важен для таких элементов, как медь, цинк и марганец, которые играют роль в биохимических циклах растений и почвенных организмов (Elbana et al., 2022; Wen et al., 2023);

4. сельскохозяйственная деятельность. Использование удобрений, особенно фосфорных и комплексных, может повышать содержание микроэлементов в почве. Минеральные и органические удобрения часто содержат микроэлементы (Zn, Cu, Co и др.) как добавки. На пастбищах и территориях, близких к животноводческим комплексам, в почву могут попадать

микроэлементы через побочные продукты животноводства (навоз, помет, подстилка, стоки) (Минеев и др., 2017);

5. заводы и предприятия, занимающиеся переработкой металлов, горнодобывающая и химическая промышленность выбрасывают в атмосферу большое количество частиц, содержащих тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель и др.), которые затем оседают на почве. Это особенно актуально для территорий вблизи промышленных зон и шоссе (Дьяченко, Матасова, 2015).

Микроэлементы могут быть фиксированы в кристаллической решетке минералов, адсорбированы на поверхности частиц почвы, входить в состав органических соединений, или находиться в виде легкорастворимых соединений (Самофалова, 2009; Vodyanitskii, 2014; Sagwal et al., 2023).

Профильное распределение валового содержания микроэлементов в почвах описывает изменение их концентрации по глубине почвенного профиля. Это распределение определяется множеством факторов, таких как минералогический состав, тип почвы, климатические условия, процессы выветривания, а также антропогенные воздействия. Концентрация микроэлементов в почвенных горизонтах не является равномерной и варьируется в зависимости от формы нахождения микроэлементов, их подвижности и доступности для растений (Hooda P. 2010; Rattan, 2013; Протасова и др., 2015; Митрохина, 2021).

Медь часто содержится в составе первичных и вторичных минералов, таких как халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ) и борнит ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), и находится в труднодоступной для растений форме. В осадочных породах содержится около 5-25 мг/кг меди. Её среднее содержание в мировых почвах находится в диапазоне от 1 до 100 мг/кг, но оно может значительно варьироваться в зависимости от типа почвы, геохимических условий и уровня загрязнения. В черноземах содержание меди обычно выше, чем в подзолистых почвах, где её концентрация часто ниже

из-за процессов выщелачивания (Акимцев, 1962; Катылымов, 1965; Rehm, Schmitt, 2009; Минеев, 2017).

В почвах садовых культур органическое вещество оказывает значительное влияние на формы меди. Более высокие концентрации этого вещества обнаруживаются в гумусовых горизонтах из-за длительных методов культивирования (Ковда, Зырин, 1973; Makuch-Pietraś, Wójcikowska-Kapusta, 2021).

Медь часто связывается с глинистыми минералами (например, вермикулитом, каолинитом) и оксидами железа, которые стабилизируют его присутствие в почве. Было обнаружено, что Cu структурно входит в состав гематита и димеризуется в вермикулите, что указывает на сложное взаимодействие с почвенными минералами (Formentini et al., 2022).

Марганец в почвах существует в различных формах и степенях окисления, что существенно влияет на химический состав почвы и биогеохимические процессы. Преобладающими формами марганца являются Mn (II), Mn (III) и Mn (IV), каждая из которых играет свою роль в формировании почвы. Понимание этих форм имеет решающее значение для оценки здоровья почв и стратегий восстановления.  $Mn^{+2}$  обычно встречается в поверхностных слоях почвы в составе органических веществ.  $Mn^{+3}$  обычно мало в экстремальных условиях, но может значительно (до 80%) накапливаться в субокисных средах.  $Mn^{+4}$  преобладает в минеральных горизонтах, часто образуя манганаты, необходимые для связывания металлов и круговорота питательных веществ (Самофалова, 2009; Zahoransky et al., 2022; Wen et al., 2023).

Общее содержание в почве значительно варьируется от 100 мг/кг до 2 800 мг/кг в зависимости от почвообразующей породы и типа почвы, географического положения и практики землепользования (Ковда, Зырин, 1973; Zhang et al., 2011).

Марганец может связываться с глинистыми минералами, такими как монтмориллонит и каолинит, а также с органическими веществами почвы,

образуя адсорбированные соединения. Эти формы Mn имеют среднюю подвижность и могут высвобождаться при изменении кислотности или окислительно-восстановительного потенциала почвы (Šahinović et al., 2018).

Цинк в почвах существует в различных химических формах, каждая из которых влияет на его биодоступность и подвижность. Наиболее высокое валовое содержание цинка в тундровых (53-76 мг/кг) и черноземных (24-90 мг/кг) почвах, наиболее низкое – в дерново-подзолистых (20-67 мг/кг). Колебания могут достигать от 2,6 до 200 мг/кг. Содержание валовых форм цинка в кислых породах ниже, чем в основных. В породах цинк находится главным образом в виде простого сульфида (ZnS), кроме того замещает  $Mn^{2+}$  в силикатах (Акимцев, 1962; Протасова, Горбунова, 2010; Kabata-Pendias, 2011).

Цинк часто встречается в различных геохимических фракциях, в основном связанных с оксидами железа и марганца, которые менее биодоступны по сравнению с обменными формами. Эта форма цинка стабильна в нейтральных и слабощелочных условиях, но при понижении pH или в восстановительных условиях (например, в анаэробной среде) цинк из оксидов может постепенно высвобождаться (Mousavi et al., 2018; Жуйков, 2021).

Распределение никеля в почвенном профиле связано с количеством органического вещества, оксидов марганца и железа. Его содержание в почвах варьирует в широких пределах - от 3,0 до 1000 мг/кг. Диапазон содержания Ni в почвах мира составляет от 0,2 до 450 мг/кг, а среднее значение - 22,0 мг/кг (Bencko, 1983; Kabata-Pendias, 2011; Sempel, Nickel, 2006). Средняя концентрация 86,0 мг/кг для естественного содержания никеля в земной коре была также указана J. M. Duke (1980).

Как правило, никель распределен равномерно по всему почвенному профилю, но обычно накапливается на поверхности из-за осаждения в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности. Наиболее значительными

типами никелевых руд являются пентландит, никель-железный сульфат, гарниерит и никель-магниевого силикат (McGrath, 1995).

Осадочные породы, включающие глины, известняки, песчаники и сланцы, содержат наименьшее количество Ni, в то время как самые высокие концентрации Ni наблюдаются в основных магматических породах (Kumar, 2023).

### **1.2.2 Подвижные соединения**

Микроэлементы в почве существуют не в виде чистых элементов, а в различных химических соединениях и формах. Их можно разделить на две основные категории в зависимости от силы их связи с минеральной частью почвы и способностью переходить в почвенный раствор:

1. непрочносвязанные соединения (обменные, комплексные и специфически сорбированные): формы металлов, которые относительно легко высвобождаются в почвенный раствор и могут быть доступны для растений и микроорганизмов, а также способны мигрировать в окружающую среду.

2. прочносвязанные соединения: формы металлов, которые связаны с почвенной матрицей прочными химическими связями, и поэтому менее подвижны, менее биодоступны и менее опасны с точки зрения токсичности (Минкина и др. 2008, 2017; Мотузова, 2009; Санжарова и др., 2019).

С точки зрения почвоведения и экологии наибольший интерес представляют непрочносвязанные соединения, поскольку они доступны (мобильны, подвижны) растениям и способны к миграции в другие сопредельные среды. Подвижными формами микроэлементов называют те соединения, которые легко переходят в различные вытяжки (кислотные, солевые, водные, буферные). Принято считать, что эти соединения наиболее доступны растению. Однако известно, что доступность элементов в значительной мере зависит от биологических особенностей растения, стадии его развития, условия окружающей среды, содержание других элементов питания.

Разделение непрочносвязанных соединений микроэлементов обычно осуществляется на основе различных принципов, в том числе по способу связи (по механизму удержания): 1) обменные, отражающие «актуальную» подвижность; 2) комплексные, связанные с органическим веществом; 3) специфически сорбированные (кислоторастворимые) карбонатами и (гидр)оксидами Fe-Mn, предположительно характеризующие их потенциальный запас (Соборникова, Рязанова, 1973; Минкина и др. 2008; D'Souza et al., 2023).

Для большинства микроэлементов наблюдается схожесть в их содержании в почве и литосфере, однако, благодаря процессу аккумуляции, данное соотношение не всегда пропорционально. Особенно ярко это проявляется на примере элементов-биофилов, концентрация которых в золе растений значительно превышает их содержание в литосфере и почве (Mo, Zn, Cu, I, B) (Виноградов, 1957; Каталымов, 1965; Самофалова, 2009; Побилат, Волошин, 2021) (приложение 1).

Концентрация микроэлементов в подвижной форме определяется типом почвы, характером материнских пород и растительности, микробиологической активностью почвы, реакцией среды, содержанием органического вещества. Примером является подкисление, которое увеличивает подвижность Mn, Cu, B, Zn и др., но доступность Mo при этом значительно уменьшается. Гумусовые кислоты, а также муравьиная, лимонная и другие способны образовывать с микроэлементами как растворимые, так и нерастворимые соединения (Зырин, 1981; Kabata-Pendias, 2011; Минеев, 2017).

Доступность микроэлементов для растений определяется их концентрацией в почвенном растворе и наличием в ионообменной форме. Основная масса микроэлементов, присутствующих в почве, остается для растений недоступной. Например, подвижные соединения таких элементов, как Si, Co и Mn, составляют лишь 10,0–25,0% от их общего содержания, а доля доступных форм Zn и Mo может быть еще меньше – 1,0%. Количество

подвижных соединений в почвах значительно варьирует в зависимости от их генетических характеристик, степени обработки и антропогенного воздействия (Горбунова, Протасова 2008; Elbana, 2022).

Оценка обеспеченности почв микроэлементами требует учета как типа почвы, так и возделываемой культуры. Гончаренко Т.П. и др. (2016) для создания подобной классификации использовали данные об интенсивности выноса элементов питания с урожаем растений по шкале, разработанной Почвенным институтом им. В.В. Докучаева (приложение 2). В методических указаниях по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (2003) представлена группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов без учёта особенностей минерального питания растений (приложение 3).

Изучение подвижных соединений микроэлементов в почве имеет решающее значение для понимания их биодоступности, потенциальной токсичности и воздействия на окружающую среду, особенно в сельскохозяйственных районах, подверженных интенсивной антропогенной деятельности (Jalali, Moharrami, 2007; D'Souza, 2023).

Более подробно рассмотрим особенности распределения исследуемых микроэлементов в почве.

Медь в почвах присутствует в разных соединениях, но для растений доступны её водорастворимые соли:  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ . Ключевую роль в поведении  $\text{Cu}$  в почвах играют хелатообразование и комплексообразование. Кроме водорастворимых соединений меди, усвояемой для растений, является также медь, находящаяся в обменно-сорбированном состоянии (Kabata-Pendias, 2011; Makuch-Pietraś, 2021).

Процесс адсорбции-десорбции  $\text{Cu}$  зависит от таких факторов, как pH, содержание органических веществ, емкость катионного обмена (ЕКО), содержание глины и минералогия, окислительно-восстановительные условия, а

также конкурирующие катионы. Сорбционная способность меди увеличивается с ростом содержания органического вещества в почве и pH (Shaheen et al., 2017; Palansooriya, 2020; Rahman et al., 2020).

Среднее содержание Cu в растениях 0,0002 %, или 2 мг/кг массы, и зависит от их видовых особенностей и почвенных условий. В тканях корней Cu почти целиком присутствует в комплексных формах, однако представляется более вероятным, что в клетки корневой системы она проникает в диссоциированных формах (Kabata-Pendias, 2011; Ягодин и др., 2016).

В почвах Mn представлен в виде солей, которые могут быть как водорастворимыми ( $MnCl_2$ ,  $Mn(NO_3)_2$ ,  $MnSO_4$ ,  $Mn(HCO_3)_2$ ,  $Mn(H_2PO_4)_2$ ), слаборастворимыми ( $MnHPO_4$ ), так и нерастворимыми в воде ( $MnCO_3$ ,  $Mn_3(PO_4)_2$ ). В кислой или восстановительной среде оксиды марганца восстанавливаются, высвобождая подвижный марганец, который доступен для растений в форме  $Mn^{2+}$ . Это наиболее подвижная и биодоступная форма марганца (Mousavi et al., 2018; Antón-Herrero et al., 2020).

Доля растворимого Mn может составлять до 1-5% от общего содержания элемента в почве, однако его концентрация быстро изменяется в зависимости от влажности и аэрации почвы. Особенно pH почвы существенно влияет на доступность Mn: более кислые почвы характеризуются более высокой его доступностью. Щелочная реакция среды, карбонаты, повышенное содержание гумуса – вот основные геохимические барьеры для миграционной активности марганца (Минеев, 2017; Šahinović et al., 2018).

Zn в почве представлен в различными соединениями, классифицируемыми по степени их подвижности и доступности для растений. Традиционно выделяют водорастворимые, обменные, легкорастворимые (непрочносвязанные), кислоторастворимые, фиксированные и прочно фиксированные формы цинка. Эта классификация может быть детализирована в зависимости от природы соединений, в которых находится цинк, включая его связь с органическим

веществом и глинистыми минералами. Основной формой, поглощаемой растениями, является ион  $Zn^{2+}$ , обладающий наибольшей мобильностью в почвенном растворе. Однако, обладая высокой способностью к адсорбции на поверхности минеральных и органических компонентов, цинк преимущественно аккумулируется в верхних горизонтах почвенного профиля. В черноземах, сероземах, каштановых и бурых почвах концентрация подвижных форм цинка, как правило, не превышает 0,20 – 0,30 мг/кг, что подчеркивает важность изучения факторов, ограничивающих доступность этого элемента для растений (George, Schmitt, 2002; Vodyanitskii, 2010; Жуйков, 2021).

С увеличением pH доступность Zn заметно уменьшается и наоборот в кислых почвах его мобильность повышается. Ограниченная доступность цинка для растений обусловлена несколькими факторами, наиболее выраженными на карбонатных и богатых кальцием почвах. Органическое вещество, образуя прочные комплексы с Zn, способствует его иммобилизации и накоплению в органических горизонтах. Образование малорастворимых соединений цинка также снижает его доступность: взаимодействие Zn с фосфатами приводит к формированию  $Zn_3(PO_4)_2$ , а с карбонатами –  $ZnCO_3$ . Эти процессы существенно ухудшают усвоение цинка растениями, способствуя развитию его дефицита (Kabata-Pendias, 2011; Mousavi et al., 2018; Rahman et al., 2020).

Никель является важным микроэлементом, необходимым для роста высших растений (Brown et al., 1987, Nuzhat, 2019). Он может существовать в почве в нескольких формах, включая адсорбированный или комплексный на органических поверхностях катионов или на неорганических катионообменных поверхностях, неорганические кристаллические минералы или осадки, водорастворимые, свободные ионы или хелатные комплексы металлов в почвенном растворе (Bennett, 1982). В присутствии гумуса, особенно фульво- и гуминовых кислот, комплексы гораздо более подвижны и могут быть более значимыми, чем гидратированный двухвалентный катион в почвенном растворе

(ATSDR, 2005). Фитодоступность Ni коррелирует с активностью свободных ионов Ni в почвенном растворе; следовательно, поглощение растениями также зависит от pH почвы, содержания органического вещества и оксидов железа и марганца (Massoura et al., 2006; Barman et al., 2013).

### **1.3 Значение микроэлементов в жизни растений ампелоценоза и садового агроценоза**

В работах Т.А. Парибок (1964), D.C. Adriano (2001), О.А. Суховой (2019), А. Rahman (2020) отмечается, что недостаток микроэлементов может привести к замедлению или даже остановке множества ключевых биохимических процессов. Для белкового, углеводного и жирового обмена необходимы такие элементы как молибден, железо, ванадий, кобальт, вольфрам, бор и марганец, а также цинк. Синтез белков происходит при участии магния, марганца, железа, кобальта, меди, никеля и хрома.

Рассмотрим физиологическую роль исследуемых микроэлементов.

Медь играет значительную роль в некоторых физиологических процессах — фотосинтезе, дыхании, перераспределении углеводов, восстановлении и фиксации азота, метаболизме протеинов и клеточных стенок. Контролирует образование ДНК и РНК, и ее дефицит заметно тормозит репродукцию растений (уменьшает образование зерен, приводит к стерильности спор). Медь оказывает влияние на механизмы, определяющие устойчивость растений к грибковым заболеваниям (Каталымов, 1965; Протасова, 2003; Jain, 2007; Rehm, Schmitt, 2009; Kabata-Pendias, 2011).

Плодовые деревья при недостатке меди заболевают суховершинностью (экзантемой), появляются необычно широкие темно-зеленые листья, имеющие несимметричные очертания. При сильном и остром голодании листья становятся мелкими, их края имеют неправильную форму, сильно закручиваются; новые наружные побеги отмирают. Плоды могут образовываться наросты, что

приводит к потере вкусовых качеств и в последствие урожая (Бузоверов и др., 2017; Роева, 2018).

Марганец участвует в окислительно-восстановительных реакциях, активизируя более 35 ферментов, регулирует водный режим, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам, а также влияет на плодоношение растений и способствует их активному развитию. Необходим для нормального протекания фотосинтеза, способствуя увеличению количества хлорофилла в листьях, синтезу сахаров и аскорбиновой кислоты (витамин С). Он способен быстро поглощаться и перемещаться в растениях. Кроме этого, марганец регулирует поступление других микроэлементов, оказывает влияние на перемещение фосфора из более старых частей растения к молодым (Zahoransky et al., 2022; Wen et al., 2023; Alejandro et al., 2020).

Среднее содержание марганца в виноградных тканях колеблется от 25 до 400 мг/кг сухого вещества, при этом ежегодный вынос с урожаем может составлять 1,2-1,5 кг/га. Данные показатели подчеркивают значимость марганца для питания виноградной лозы. Этот микроэлемент выступает кофактором для ряда ключевых ферментов, катализирующих реакции, необходимые для синтеза протеинов и углеводов. Дефицит марганца вызывает нарушение метаболических процессов, что проявляется в снижении интенсивности фотосинтеза, нарушении синтеза аминокислот и, как следствие, ухудшении ростовых процессов и снижении урожайности виноградных насаждений. У плодово-ягодных культур при марганцевом голодании наряду с межжилковым хлорозом молодых листьев наблюдается слабая облиственность, а также отмирание верхушек веток (Парибок и др., 1964; Jain, 2007; Битюцкий, 2014; Даду, Григель 2018).

Роль цинка в физиологии растений многогранна и охватывает множество важнейших процессов. Он принимает участие в биосинтезе предшественников хлорофилла, входит в состав ферментов, катализирующих разнообразные реакции метаболизма. Zn участвует в метаболизме углеводов, фосфатов и

белков, а также регулирует синтез ауксинов, ДНК и рибосом. Кроме того, он играет важную роль в поддержании целостности биологических мембран, что повышает устойчивость растений к патогенам и неблагоприятным факторам внешней среды, благодаря стабилизации дыхательных процессов (Парибок, 1970; Kabata-Pendias, 2011; Битюцкий, 2014; Жуйков, 2021).

Дефицит Zn у плодовых деревьев приводит к характерным морфологическим изменениям, проявляющимся в формировании укороченных междоузлий и мелких листьев на концах ветвей. Данная патология, известная как розеточность, сопровождается ослаблением закладки плодовых почек и формированием деформированных, мелких плодов, что негативно сказывается на урожайности и товарных качествах продукции. Розеточная болезнь, мелколистность и хлорозное заболевание плодовых культур от цинковой недостаточности наблюдается на карбонатных почвах. Заболевшие деревья становятся очень неустойчивыми против зимних морозов и постепенно засыхают. У виноградного растения помимо уменьшения величины листовой пластинки развиваются тонкие кисти с мелкими ягодами (горошение грозди) (Каталымов, 1965; Григель, Даду, 2018; Sagwal et al., 2023).

Дефицит Ni в почве может привести к снижению активности уреазы, что отрицательно влияет на синтез белка и общее содержание азота. При низкой обеспеченности почв никелем листья растений характеризуются хлорозом, уменьшенным размером и измененной формой, временной темно-зеленой зоной на кончике листа, некрозом кончика, отсутствием пластинчатого развития. Распускание почек затягивается, побеги и ветви становятся заметно ломкими. При этом избыток никеля вызывает токсическое действие, подавляя поглощение железа и снижая содержание хлорофилла, что в конечном итоге влияет на рост растений и метаболические процессы (Wood et al., 2006; Fabiano et al., 2015; Ameen et al., 2019; Kumar, 2023).

#### 1.4 Содержание железа в почвах и его значение в жизни растений

В большинстве почв Fe встречается в двух состояниях окисления ( $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ) в относительно высоких концентрациях, варьирующих от 20 до 40 мг/кг; он может содержаться в различных первичных и вторичных минералах (например, оливине, биотите, вермикулите), хотя наиболее распространенная форма Fe представлена (гидр)оксидами, которые очень мало растворимы в почвенном растворе (Зонн, 1982; Colombo et al., 2013; Mimmo et al., 2014).

Количество Fe в почвах определяется как составом материнских пород, так и характером почвенных процессов. Его концентрация в почвах может сильно варьироваться — от 0,05% до 15%. В особенно насыщенных железом почвах, отдельных горизонтах или конкрециях его содержание способно достигать 20% и даже подниматься до 60%. Его содержание и распределение по профилю почвы и внутри отдельных горизонтов отражает специфику и направление почвообразовательных процессов. Эти изменения проявляются в оттенках цвета, агрегатном состоянии почвы и её сорбционных свойствах (Водяницкий, 1989, 2003).

Соединения Fe в почвах в основном включают оксиды железа, такие как ферригидрит, гетит, ферроксигит в фоновых почвах и техногенный магнетит в городских почвах. Наибольшее значение для минерального питания растений имеют несиликатные формы железа, а именно подвижные (обменные, водорастворимые). В почвах они представлены в основном органоминеральными соединениями и ионами (Vodyanitskii, 2014; Шеуджен и др., 2015).

Железо часто относят к микроэлементам в почве, несмотря на то, что его содержание там обычно значительно выше, чем других элементов питания. Ключевое отличие между макро- и микроэлементами заключается не в количестве элемента в почве, а в количестве, необходимом для растений для нормального роста и развития (Bhatla et al., 2018; Иванищев, 2019; Bhat et al.,

2024). По данным А. Kabata-Pendias (2011) Fe можно отнести как к макроэлементам, так и микроэлементам. В существующих научных работах одни исследователи относят Fe к макроэлементам, другие к микроэлементам, но и те, и другие указывают на его значимую роль в почвенных процессах (Самофалова, 2009; Шеуджен и др., 2015).

Благодаря своим химическим свойствам Fe легко изменяет степень окисления и обладает высокой способностью к образованию соединений с кислородом, серой, а также к формированию комплексных структур разнообразной природы. Растворимость (гидр)оксидов Fe в почвах зависит от двух основных факторов - pH и окислительно-восстановительного потенциала (Eh); нейтральные и щелочные значения pH способствуют образованию нерастворимых форм Fe (Colombo et al., 2014; Иванищев, 2019).

Доля растворимого железа от его общего содержания в почвах невелика, что подчеркивает сложность его доступности для растений. Растворимые неорганические формы железа включают в себя ионы  $Fe^{3+}$ ,  $Fe(OH)^{2+}$ ,  $Fe(OH)_2^+$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe(OH)_3^-$  и  $Fe(OH)_4^{2-}$ . Содержание растворимого железа минимально при щелочных значениях pH, тогда как в кислых почвах, наоборот, наблюдается его повышенная концентрация. Это объясняет, почему кислые почвы, как правило, более обогащены растворимым неорганическим железом по сравнению с нейтральными и щелочными. Таким образом, в кислых анаэробных почвах концентрации катионов  $Fe^{2+}$  могут достигать токсичных для растений уровней, а в щелочных аэрируемых почвах, низкие концентрации растворимого железа могут лимитировать удовлетворение потребности растений в данном микроэлементе (Каталымов, 1965; Зонн, 1982; Водяницкий, 2003; Kabata-Pendias, 2011).

Растениям для удовлетворения своих потребностей необходимо достаточное количество Fe в почве в качестве важного компонента белков при синтезе хлорофилла и других видах метаболизма. Однако лишь небольшая его

часть является биодоступной ( $\text{Fe}^{2+}$ ), а остальное присутствует в виде нерастворимых веществ ( $\text{Fe}^{3+}$ ) (Chorna et al., 2016; Bhat et al., 2024).

К ключевым функциям Fe относятся его участие в синтезе ДНК, дыхании и фотосинтезе. При этом его специфическая роль нередко проявляется через включение в состав ферментов и других активных молекул, отвечающих за каталитические и регуляторные функции (Hänsch, Mendel, 2009; Connorton et al., 2017).

Недостаток Fe чаще всего наблюдается на карбонатных почвах, а также на почвах с высоким содержанием усвояемых фосфатов, что можно объяснить переводом Fe в малодоступное состояние. Дефицит Fe у винограда является причиной распространенного заболевания – хлороза, характеризующегося специфическими морфологическими изменениями. Начальным симптомом является бледность молодых листьев на верхушечных побегах, которая впоследствии переходит в хлоротичную окраску. При прогрессировании заболевания наблюдается некроз по краям листьев, их десикация и опадение, а также уменьшение длины междоузлий. Кроме того, при развитии хлороза происходит осыпание цветков и укорочение побегов, что приводит к снижению урожайности. У молодых листьев плодовых деревьев может наблюдаться межжилковый хлороз, в менее тяжелых случаях прожилки могут полностью потерять свой зеленый цвет. Кроме того, может произойти отмирание веток, и в самых экстремальных ситуациях болезнь может привести к потере всех ветвей (Зырин, 1981; Jain, 2007; Sagwal et al., 2023).

### **1.5 Биологические особенности виноградного растения**

Развитие виноградарства в Ростовской области перспективно благодаря благоприятным климатическим условиям, способствующим выращиванию классических сортов винограда. В регионе 53,33 тыс. га отведено под виноградники с акцентом на технические сорта (Свиридова, Власов, 2021).

Почвенно-климатические условия области диктуют структуру и сортовой состав виноградников. Регион сталкивается с различными неблагоприятными климатическими факторами, такими как критические зимние температуры и засухи, что требует дополнительных усилий и ресурсов для выращивания винограда. Выбор сортов винограда с высокой биологической пластичностью и стабильной урожайностью необходим для повышения качества урожая и решения этих проблем, а также обеспечения устойчивости виноградарства в этом районе. Хотя виноград ценится в первую очередь за плоды и связанные с ними полезные свойства для здоровья, он также играет важную роль в экологических системах как вьющееся растение. Способность растения адаптироваться к различным условиям окружающей среды и его использование в традиционных и современных методах селекции подчеркивают его сельскохозяйственное и научное значение (Magarey, 1999; Матвеева, Бахметова, 2019; Hussain et al., 2021).

Виноградное растение (род - *Vitis*), относящееся к семейству *Vitaceae*, представляет собой важную садовую культуру с разнообразными биологическими характеристиками. Род *Vitis* включает в себя два подрода: *Euvitis Planch* и *Muscadinia Planch*. В подрод *Euvitis* входит большое количество видов винограда, которые в зависимости от географического происхождения, совокупности ботанических и морфолого-анатомических признаков делятся на три группы: европейско-азиатскую (вид: *Vitis vinifera*), северо-американскую (виды: *Vitis rupestris*, *Vitis riparia*, *Vitis labrusca* и т.д.), восточно-азиатскую (вид: *Vitis amurensis*). Наиболее значимый в хозяйственном отношении вид - виноград культурный (*Vitis vinifera*) - даёт виноградные ягоды, служащие сырьём для производства вина (Keller, 2020).

Виноград богат углеводами, минералами, витаминами и полифенолами, включая фенольные кислоты, флавонолы и дубильные вещества. Ресвератрол, биологически активный компонент винограда, который в изобилии присутствует

в мякоти плодов, известен своими различными лечебными свойствами. Он обладает высокой антиоксидантной активностью. Кроме того, ресвератрол проявляет сильную химиопрофилактическую и противоопухолевую активность. Помимо ресвератрола, в винограде в изобилии присутствуют фитоалексин, олеаноловая кислота, которые, как сообщается, оказывают положительное влияние на здоровье (Hussain et al., 2021; Tello et al., 2023).

Развитие винограда включает фазы покоя, распускания почек, роста побегов, цветения, развития ягод и созревания. Каждая фаза зависит от температуры и продолжительности светового дня. Понимание этих фаз имеет решающее значение для понимания молекулярных механизмов, лежащих в основе развития винограда, и влияния факторов окружающей среды на качество ягод. Эксплуатационный возраст ампелоценозов (греч. *ampelos* — виноград, *koinos* общий) составляет около 25 лет, однако этот срок может варьироваться в зависимости от климатических условий, применения средств защиты растений и агротехнических мероприятий (Keller, 2020; Зармаев, 2020; Upadhyay et al., 2022).

В процессе роста и развития виноградное растение поглощает большое количество химических элементов. Ключевые макроэлементы включают азот, фосфор и калий, которые необходимы для роста винограда и качества винограда. Кальций и магний также играют важную роль в физиологических процессах. Незаменимые микроэлементы, такие как железо, марганец, медь, цинк и бор, жизненно важны для различных биохимических функций и улучшения качества винограда (James et al., 2022; Sala et al., 2024).

Хоть и для успешного возделывания винограда крайне важно уделять особое внимание внесению питательных веществ, важно также учитывать потенциальные негативные последствия чрезмерного внесения удобрений, которые могут изменить состав винограда и повлиять на качество вина. Сохранение здоровья виноградников в долгосрочной перспективе

обеспечивается сбалансированным использованием питательных веществ и применением экологически безопасных методов.

### **1.6 Биологические особенности черешни**

В современном садоводстве юга России наиболее широкое распространение, среди косточковых культур, получила черешня. Это скороплодная, ежегодно плодоносящая культура, отличающаяся высокой урожайностью. В благоприятных условиях интенсивные сорта черешни могут реализовать до 50 % потенциальной продуктивности (Алехина, 2012; Ермакова, 2013). В России объем розничной торговли плодами вишни и черешни с 2015 по 2024 гг. увеличился на 40 % (с 44 до 60 тыс. т.), объем промышленной переработки вырос примерно в полтора раза с 101 до 159 тыс. т. (Атлас лучших сортов..., 2009; Дорошенко и др., 2020; Усейнов, Горина, 2024).

Выращивание винограда в условиях монокультуры может привести к нескольким значительным последствиям, в первую очередь влияющим на здоровье почвы, физиологию растений и общую продуктивность. Доказано, что долгосрочные методы монокультуры ухудшают качество почвы, способствуют развитию деструктивных процессов в агроландшафтах, снижают качество и урожайность культуры. Отсутствие ротаций может привести к ухудшению здоровья корней, накоплению тяжелых металлов, а также вредных микроорганизмов (Серпуховитина и др., 2014).

Черешня (*Prunus avium* L.) является одним из самых ценных плодовых культур во всем мире. Она обладает рядом биологических характеристик, важных для селекции и выращивания, а именно размер плодов, устойчивость к стрессовым факторам окружающей среды и биохимический состав. Плоды черешни в основном состоит из воды, но при этом они богаты углеводами (сахара и клетчатка), жирными и органическими кислотами, аминокислотами, витаминами, минералами и фитохимическими веществами (Corneanu, 2020; Fonseca et al., 2021; Surányi, 2022). Онтогенез черешни включает процессы

развития и физиологические изменения, происходящие от начальных стадий образования бутонов до созревания плодов. На эти процессы влияют различные факторы, в том числе условия окружающей среды и внутренние физиологические изменения. Онтогенез вишни можно разделить на отдельные фазы, каждая из которых характеризуется определенными физиологическими и морфологическими изменениями (Vimont et al., 2019; Копнина, Кочубей, 2023).

Фенологические фазы развития черешни включают в себя набухание почек, распускание листьев, начало роста побегов, цветение, формирование плодов, созревание плодов и окраску листьев, а затем опадание листьев, и все это зависит от условий окружающей среды и сортовых особенностей (Vimont et al., 2019).

Черешня, как и другие плодовые культуры, нуждается в сбалансированном минеральном питании для обеспечения нормального роста, развития, высокой продуктивности и устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды. Минеральное питание черешни включает в себя потребность в макро- и микроэлементах, каждый из которых играет свою уникальную роль в метаболических процессах растения (Роева, 2018; Corneanu, 2020).

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Физико-географические условия территории исследования

Мартыновский район, на территории которого проводили исследование, расположен в юго-восточной части Ростовской области, в центральной орошаемой зоне междуречья Дона и Сала (рис.1).

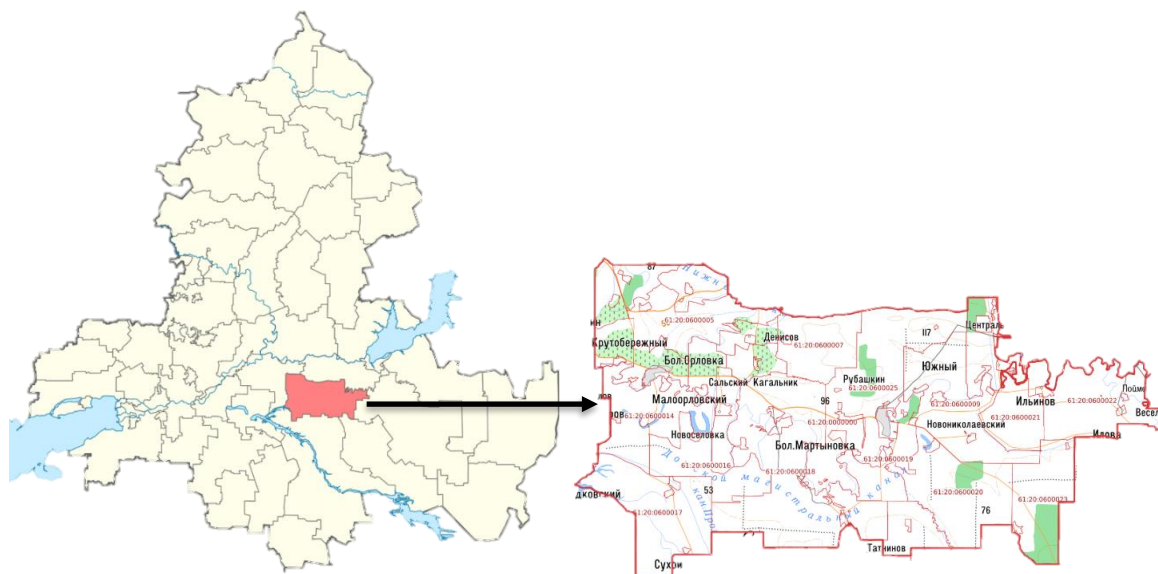


Рисунок 1 – Мартыновский район на карте Ростовской области  
(Карта района [Электронный ресурс])

Ростовская область характеризуется значительным разнообразием природно-сельскохозяйственных условий, что обусловило выделение шести дифференцированных зон (приложение 4). Эти зоны различаются по физико-географическому положению, почвенно-климатическим характеристикам, направлению сельскохозяйственного производства и степени его интенсификации. Мартыновский район относится к (III) Центральной орошаемой природно-сельскохозяйственной зоне, а конкретно к подзоне IIIa, где преобладают темно-каштановые почвы и южные черноземы (Зональные системы земледелия..., 2022).

Климат района характеризуется как умеренно жаркий с высоким уровнем континентальности и значительным дефицитом увлажнения. Сумма активных температур (выше  $+10^{\circ}\text{C}$ ) составляет  $3200-3300^{\circ}\text{C}$ , что характеризует район как достаточно теплообеспеченный для выращивания теплолюбивых культур. Коэффициент увлажнения составляет 0,4, что указывает на выраженную засушливость. Большая часть осадков выпадает в теплый период года, особенно весной и в начале лета. В холодный период преобладают морозящие обложные дожди. Зима характеризуется умеренной холодностью, неустойчивостью погодных условий и чередованием периодов морозов с оттепелями. Продолжительность периода со снежным покровом составляет в среднем 70 дней, при средней высоте снежного покрова 11-12 см. В связи с частыми оттепелями снежный покров за зиму может неоднократно таять и вновь образовываться. Полный сход снежного покрова наблюдается в середине марта. Лето характеризуется высокой температурой и частыми засухами, при этом среднемесячная температура воздуха в июле достигает  $23^{\circ}\text{C}$ , а максимальные значения температуры могут достигать  $42^{\circ}\text{C}$ . Увлажнение в районе недостаточное и характеризуется нестабильностью. Годовая сумма осадков составляет 409 мм (с градиентом от 390 мм на востоке до 450 мм на западе). В теплый период года выпадает 245 мм осадков, а в холодный период преобладают морозящие обложные дожди. Относительная влажность воздуха в течение года довольно значительна, но из-за высокой температуры в летний период испаряемость преобладает над осадками. Преобладающими направлениями ветра являются восточные румбы (северо-восточные, восточные, юго-восточные), что связано с общим переносом воздушных масс в широтном направлении (Алексеев, Мартынова, 2005; Карта почвенно-экологического районирования..., 2013; Зональные системы земледелия..., 2022).

**Почвообразующие породы.** Формирование почвенного покрова в исследуемом районе обусловлено ниже-, средне- и верхнечетвертичными

отложениями, выступающими в качестве основных почвообразующих пород. Эти отложения имеют алюмосиликатный химический состав и, как правило, представлены породами желто-бурого цвета, содержащими примеси местного материала. Часто отмечаются включения крупнозернистого песка. Отложения характеризуются тонкослоистостью и широким разнообразием гранулометрического состава, включая пылевато-иловатые и иловато-пылеватые типы (приложение 5) (Карта почвообразующих пород..., 1977).

В поймах рек Сал и Большой Куберле распространены древнеаллювиальные отложения, характеризующиеся суглинистым гранулометрическим составом и наличием признаков, типичных для лессовидных пород. Учитывая их переотложенный генезис, данные отложения отличаются повышенным содержанием фракции крупной пыли.

**Растительность.** Доминирующим типом растительности в районе являются разнотравно-типчаково-ковыльные степи, представленные сочетанием злаков (род: *Stipa*, *Festuca*, *Koeleria*) и разнотравья (род: *Salvia*, *Achillea*, *Trifolium*, *Medicago* и др.). В зависимости от условий увлажнения и пастбищной нагрузки, соотношение видов может варьировать. В степных балках встречаются более кустарниковые виды и деревья (терн, боярышник, вяз), которые формируют своеобразные лесополосы и создают более разнообразную среду для флоры и фауны (Природные условия..., 2002; Алексеенко, Мартынова, 2005).

Согласно ботанико-географическому районированию Ростовской области по Г. М. Зозулину и Г.Д. Пашкову (1980) Мартыновский район находится на территории Доно - Сальского района (ДС) и долины Нижнего Дона (ДН) (приложение 6).

Значительные площади заняты сельскохозяйственными угодьями, где выращиваются зерновые (пшеница, ячмень, кукуруза), технические культуры (подсолнечник, лен), овощи и кормовые травы.

**Почвенный покров.** Мартыновский район расположен на стыке двух почвенных зон - чернозёмных и каштановых. Северная (к северу от долины р. Сал) и юго -западная часть района находится в подзоне южных чернозёмов, юго-восточная - тёмно-каштановых почв. Согласно Почвенной карте Мартыновского района (рис.2), составленной НИИ ЮжГИПРОЗем по материалам крупномасштабных обследований 1959–1986 гг., основу почвенного покрова земельных участков из состава земель сельскохозяйственного назначения в границах кадастрового квартала 61:20:0000000 составляет сочетание черноземов южных (75-90%) с лугово-черноземными почвами (10–25%) тяжелосуглинистых и легкоглинистых на лессовидных тяжелых суглинках и глинах (Почвенная карта Ростовской области..., 1986).

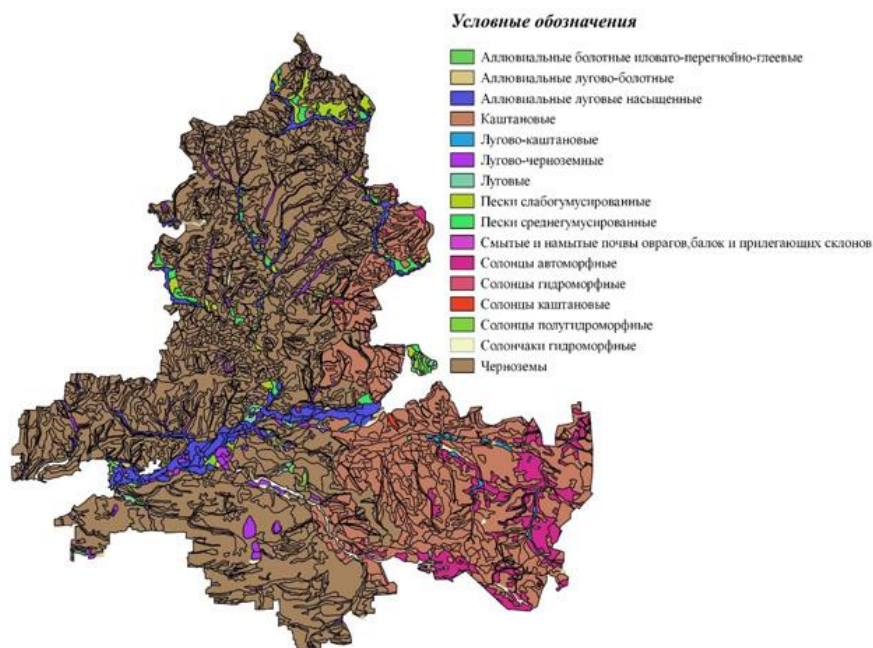


Рисунок 2 – Векторная почвенная карта Ростовской области (1:300 000) под редакцией Цвылева Е.М. (Почвенная карта Ростовской области..., 1986)

На территории Ростовской области доминируют черноземы южные среднемощные слабогумусированные тяжелосуглинистые (35,0%). К югу от реки Дон южные черноземы такого сплошного распространения не имеют и встречаются только в западной части Доно-Сальского водораздела и Сало-

Манычской гряды. Ведущие почвенные разновидности в подзоне южных черноземов – черноземы южные среднемощные глинистые и тяжелосуглинистые на желто-бурых глинах и суглинках, залегающие либо сплошными участками на плато водоразделов и верхних частях слабопологих склонов, либо в сочетаниях со слабосмытыми почвами на верхних и средних частях слабопологих, реже пологих, волнистых склонов (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2012; Зональные системы земледелия..., 2022).

Чернозёмы южные формируются под влиянием степной растительности в условиях умеренно-жаркого и засушливого климата. Процесс почвообразования протекает на карбонатных породах (часто лессовидных суглинках), что обуславливает накопление карбонатов в профиле. Характерной особенностью является относительно неглубокое залегание карбонатного материала. Накопление гумуса происходит в верхних горизонтах, при этом количество гумуса, как правило, меньше, чем у чернозёмов обыкновенных. Темно-серая или серо-бурая окраска верхних горизонтов постепенно переходит в буроватые оттенки на глубине. Мощность гумусового горизонта составляет в среднем от 40 до 80 см, но может варьировать в зависимости от условий образования. Содержание гумуса в черноземах южных относительно невысокое по сравнению с типичными черноземами и составляет в среднем 4–6%. Нейтральная или слабощелочная реакция (рН 6,5–8,0). Общее содержание азота обычно невысокое по сравнению с типичными чернозёмами и составляет в среднем 0,15–0,35%, фосфора - 0,08–0,25% и калия - 1-3%. Преимущественно суглинистый или глинистый гранулометрический состав: содержание физической глины (частицы <0,01 мм) может варьировать от 35% до 60% и более. Вскипание от 10 %-ной соляной кислоты, свидетельствующее о наличии свободных карбонатов, начинается у некарбонатных родов с 40–50 см, у карбонатных – с поверхности (Шишов и др., 2004; Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2008, 2012; Национальный атлас почв..., 2011).

Южные чернозёмы являются ценными сельскохозяйственными почвами, но их плодородие напрямую зависит от количества осадков и требует частого орошения в засушливые периоды. Они подходят для возделывания многих сельскохозяйственных культур, но требуют грамотного землепользования, чтобы предотвратить эрозию и деградацию. Необходимо использовать правильный севооборот, противоэрозионные мероприятия и сбалансированное внесение удобрений (Давыдов, 2008; Черников и др., 2015; Лукьянов, 2018).

## 2.2 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования был выбран чернозем южный средне гумусированный среднетяжелосуглинистый на лессовидных суглинках очень теплой южно-европейской фации. Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) исследуемый чернозём следует отнести к агрочернозёму текстурно-карбонатному (Шишов, 2004). По Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World Research Base) - Calcic Chernozems.

Исследования проведены на производственных участках ОАО «Янтарное» Мартыновского района Ростовской области (рис. 3).

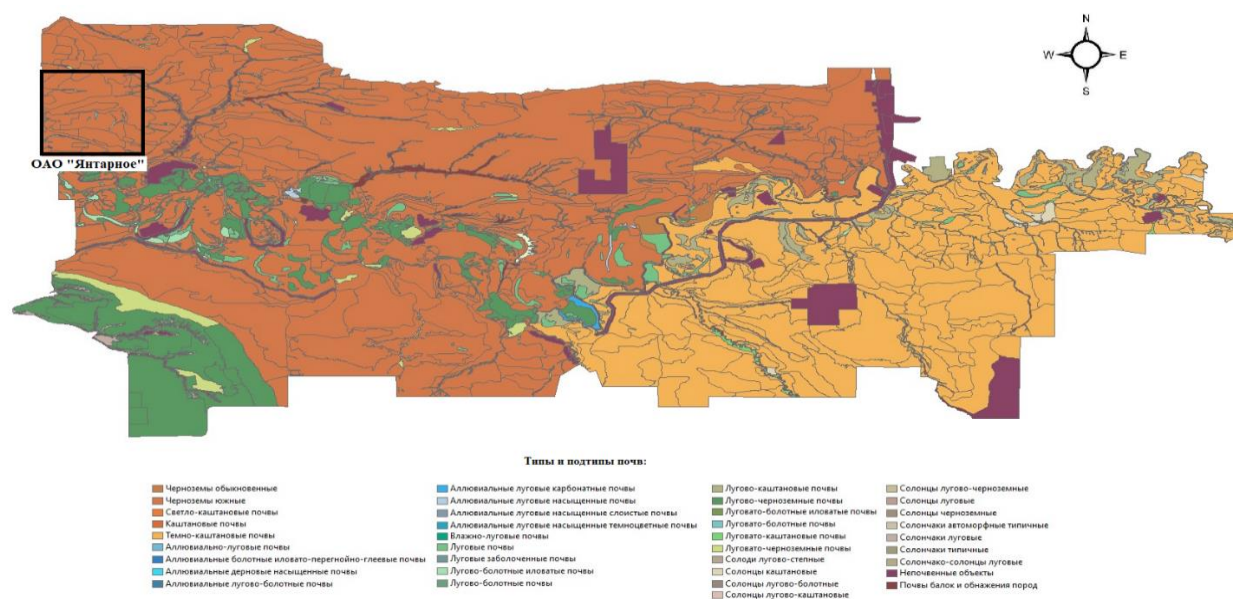


Рисунок 3 – Картограмма почвенного покрова ОАО «Янтарное» Мартыновского района Ростовской области

На территории исследуемого хозяйства за 5 лет (2019 – 2024) было заложено и изучено 37 почвенных разрезов, а именно: 16 - под садовым агроценозом, 16 - под виноградником, 4 – фоновая (контрольная) территория (целина), 1 – чистый пар (предшественник: озимая пшеница) (рис. 4-6, приложение 7,8).



Рисунок 4 – Общая картосхема расположения разрезов (точек отбора) на территории ОАО «Янтарное» Мартыновского района, Ростовской области (2019-2024 гг.)

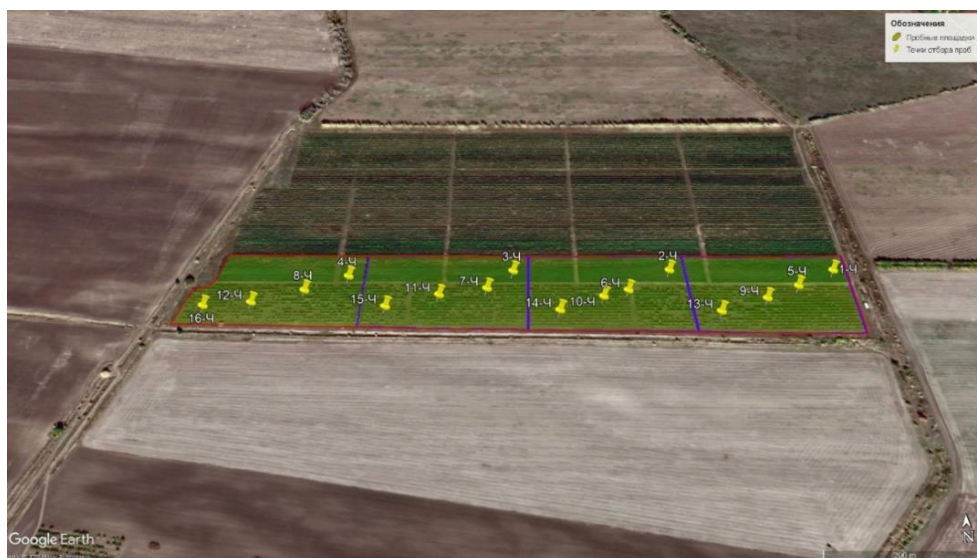


Рисунок 5 – Картосхема расположения разрезов (точек отбора) на территории ОАО «Янтарное» Мартыновского района, Ростовской области в условиях садового агроценоза (2019-2024 гг.)



Рисунок 6 – Картосхема расположения разрезов (точек отбора) на территории ОАО «Янтарное» Мартыновского района, Ростовской области в условиях ампелоценоза (2019-2024 гг.)

В приложении 7 представлено морфологическое описание заложенных почвенных разрезов на земельных участках различного сельскохозяйственного использования.

Наибольшее средневзвешенное содержание гумуса (4,1%) в гумусо-аккумулятивном горизонте (0-40 см) выявлено в почве целинных участков, что соответствует среднему уровню. Реакция среды в верхней части профиля чернозема южного исследуемых участков в основном слабощелочная (рН 7,3–7,7) и книзу увеличивается до максимальных значений в слое 80–100 см (рН 8,2–8,6) (Вальков и др., 2008). Подщелачивание обуславливается повышенным содержанием карбонатов кальция в нижних горизонтах. Содержание карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ) закономерно возрастает с глубиной от 1,3–2,2 % (0–20 см) до 3,5–6,8% (80–100 см). В южном черноземе на целине содержание физической глины (<0,01 мм) в гумусовом горизонте составляет 51,6%, при сельскохозяйственном использовании - уменьшается до 47,2–51,0% (приложение 9).

На протяжении 20–25 лет на исследуемом земельном участке площадью 40,1 га (401 682 м<sup>2</sup>) сельскохозяйственного назначения ведется возделывание винограда сорта Саперави Северный. По данным отчетов о валовом сборе урожайность за 2019-2023 гг. в среднем составляла 90 – 120 ц/га.

Сорт Саперави Северный, полученный селекционерами Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко (г. Новочеркасск) в 1947 году от скрещивания сортов Северный (Сеянец Маленгра х Витис амурензис) и Саперави, характеризуется адаптивностью, высоким урожаем и устойчивостью к неблагоприятным климатическим условиям. В Ростовской области Саперави северный является одним из ведущих технических сортов винограда, который используется для приготовления красных сухих и десертных вин, игристых виноматериалов. Относится к винным сортам высокой морозоустойчивости с среднепоздним сроком созревания (Студенникова, Котоловец, 2018; Наумова, Ганич, 2022).

Данный сорт дает грозди среднего и большого размера, конической формы и компактной структуры, что повышает потенциал урожайности. Ягоды небольшого или среднего размера, округлые, от темно-синего до черного цвета, что свидетельствует о высоком содержании антоцианов, влияющих на цвет и вкусовой профиль вина. Известны своим насыщенным цветом и высоким содержанием сахара, что способствует богатому вкусовому профилю производимых вин. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости ягод около 139 дней (Naumova L. G., Ganich, 2023; Марморштейн и др., 2024).

К агротехнике, применяемой в ходе сельскохозяйственного производства, относятся МТЗ 82.1, ДТ-75, культиватор, дискатор, комбайн, опрыскиватель, pompa для закачки воды, прицеп 2ПТС-4, для сбора винограда используется прицеп «лодочка».

Возделывание черешни сорта Лапинс на исследуемом участке площадью 17,7 га (177 218 м<sup>2</sup>) ведется на протяжении 20 лет. Урожайность за 2019 – 2022 в среднем составляла 250 – 300 ц/га (59 – 71 кг с одного дерева). Сорт Lapins известен своим высоким качеством плодов и способностью адаптироваться к различным условиям выращивания. По сравнению с другими сортами плоды этого сорта крупнее, прочнее и слаще, но он также более подвержен растрескиванию, особенно в регионах с большим количеством осадков (Pereira et al., 2020). Этот сорт привлекает внимание своей устойчивостью к болезням и благоприятными помологическими свойствами, что делает его популярным среди производителей. Для черешни Lapins характерны значительные различия в массе, твердости, содержании растворимых сухих веществ и концентрации сахара в зависимости от подвоя. У них низкая масса косточек, высокий уровень глюкозы и фруктозы, а также различная концентрация фенольных соединений в зависимости от используемого подвоя (Usenik et al., 2010; Csihon et al., 2017; Xu et al., 2023). Сорт в общей технологии производства продукции садоводства остается основным элементом, определяющим зоны возделывания плодовых культур, устойчивость, продуктивность и качество плодов (Заремук, Алехина, 2012).

Несмотря на то, что сорт черешни Лапинс известен своими привлекательными качествами, важно учитывать, что факторы окружающей среды и методы управления также оказывают значительное влияние на ее рост и успешное плодоношение. Её химический состав зависит от таких факторов как сорт, стадия созревания, методы ведения сельского хозяйства и эдафоклиматические условия.

Согласно актам посадки, на одном 1 га располагается 420 плодовых деревьев. К средствам защиты растений, используемым в хозяйстве (2022-2024) относятся: начало мая – «Раек» (действующее вещество (д.в.): дифеноконазол) и инсектицидом «Кунгфу» (д.в.: лямбда-цигалотрин) с нормой расхода препаратов

0.2 и 0.4 л/га соответственно, а в конце месяца – фунгицидом «Грануфло» (д.в.: тирам) с инсектицидом «Кунгфу Супер» (д.в.: тиаметоксам + лямбда-цигалотрин) согласно регламентам применения: 2.0 кг/га и 0.15 л/га соответственно. На стадии бутонизации – начала цветения применяли листовую обработку «Новалоном» (19–19–19 + 2MgO + МЭ (Mn 0,035%, Cu 0,015%, Mo 0,002%, S 1,5%, Fe 0,08%, Zn 0,035%, B 0,02%) в дозе 2 кг/га. Для боронования, дискования, культивации, пахоты, опрыскивания насаждений, внесения удобрений применяли гусеничные тракторы класса 2-3 Т-54В, Т-74 и ДТ-75, а для более легких работ по уходу за садами и перевозок – колесные тракторы МТЗ-80, МТЗ-82.

### 2.3 Методы исследования

При обследовании чернозёма южного в условиях ампелоценоза и садового агроценоза с целью отбора почвенных проб выделяли элементарные участки, которые представляли собой репрезентативные площадки, характеризующиеся однородными почвенными условиями и, как правило, имеющие форму прямоугольника. Исследуемая территория характеризуется однородным почвенным покровом, поэтому для репрезентативности отобранных проб на двух производственных участках общей площадью около 58 га ( $S_{\text{ампелоценоз}} = 40,17$  га,  $S_{\text{садовый агроценоз}} = 17,7$  га) были выделены элементарные участки, каждый по 4,5 и 10 га соответственно, на которых закладывали почвенные разрезы. Отбор образцов по слоям (0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см) был проведен согласно Методическим указаниям (2003).

Общее содержание изучаемых микроэлементов и железа определяли с помощью рентгено-флуоресцентного анализа на приборе «Спектроскан МАКС-GV». Для определения непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в почве использовали метод параллельного экстрагирования: обменные соединения (1 н.  $\text{NH}_4\text{Ac}$  pH 4,8 (ААБ), комплексные соединения (1% раствор ЭДТА в  $\text{NH}_4\text{Ac}$  pH 4,8), специфически сорбированные соединения (1 н. HCl), с последующим

применением атомно-абсорбционной спектрометрии. По разнице между содержанием металлов в вытяжках ЭДТА в ААБ и ААБ рассчитали количество комплексных соединений, а специфически сорбированные соединения - по разнице между содержанием микроэлементов в вытяжках HCl и ААБ. Содержание микроэлементов в составе прочносвязанных соединений определяли по разности между общим (валовым) содержанием в почве и содержанием их непрочносвязанных соединений (Садовникова, 1997; Минкина и др., 2017). Согласно результатам исследований Р.А. Афанасьева и соавторов (2010), ацетатно-аммонийный буфер может быть использован для определения содержания доступного растениям Fe в почвах. Органическое вещество определяли в соответствии с ГОСТ 26213–2021; рН водной вытяжки – ГОСТ 26423–85. Плотность сложения почв определяли буровым методом. Количество карбонатов определяли объёмным(газоволюметрическим) методом (Воробьева и др., 2006). Гранулометрический состав определяли методом пипетки (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Средневзвешенное содержание органического вещества в гумусово-аккумулятивном слое (0–40 см) определяли по формуле:

$$C_{\text{орг. средневзв. \%}} = \frac{(a_1 \cdot 20) + (a_2 \cdot 20)}{40},$$

где  $a_{1,2}$  – содержание органического вещества в слоях почвы 0–20, 20–40 см соответственно, %; 40 – мощность гумусово-аккумулятивного слоя, см.

Для изучения процесса накопления и перемещения микроэлементов по профилю чернозёма южного рассчитывали коэффициент радиальной дифференциации по формуле (Глазовская, 1988; Ковальчик и др., 2017):

$$R = \frac{C_{\text{в.с.}}}{C_{\text{н.с.}}},$$

где  $C_{\text{в.с.}}$  – количество элемента в верхнем слое, мг/кг;  $C_{\text{н.с.}}$  – количество элемента в нижнем слое почвы, мг/кг. При  $R > 1$  элемент накапливается в верхнем слое почвы, если же  $R < 1$ , то происходит его вынос.

Для определения степени контрастности радиальной дифференциации использовали градацию, предложенную И.А. Авессаломовой (2012). Если  $R > 1$ : слабая (1–1,5), средняя (1,5–5,0), сильная ( $>5,0$ ). При  $R < 1$  слабая контрастность соответствует значениям 1–0,5, средняя –  $<0,5$ .

По соотношению групп соединений элементов почвы дали оценку их подвижности и выразили ее в виде коэффициента подвижности ( $K_p$ ).  $K_p$  представляет собой отношение содержания непрочносвязанной группы (НС) к содержанию прочносвязанной группы (ПС) соединений элемента в почве (Минкина и др., 2008):

$$K_p = \frac{НС}{ПС}$$

Запасы микроэлементов (ЗМЭ) в черноземе южном рассчитывали по формуле (Асылбаев, 2015; Корчагина и др., 2014):

$$ЗМЭ \left( \frac{кг}{га} \right) = \frac{a \cdot h \cdot d \cdot 10^7}{10^6} = a \cdot h \cdot d \cdot 10,$$

где  $a$  – содержание элемента в слое почвы, мг/кг;  $h$  – глубина слоя, м;  $d$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  $10^7$  – коэффициент пересчета массы слоя почвы 1 га в кг;  $10^6$  – коэффициент пересчета мг в кг.

Согласно ГОСТ Р 70281–2022 цинк относится к химическим веществам 1-го класса опасности, медь и никель – 2-го, марганец – 3-го. Для оценки загрязнения почвы этими элементами использовали ПДК, утвержденные СанПиН 1.2.3685–21.

В связи с продолжительным выращиванием винограда и черешни в условиях монокультуры, использованием на протяжении долгих лет минеральных удобрений и средств защиты растений возникает необходимость в эколого-геохимической оценке состояния почвы, которая учитывает коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ).  $K_c$  определяется как отношение фактического содержания  $i$ -го химического элемента ( $C_i$ ) в почвенной пробе к его фоновой концентрации ( $C_{\phi i}$ )

(Ковальчик и др., 2017; Шацкая и др., 2020). Фоновое содержание Cu, Mn и Zn взяты у В.А. Акимцева (1962), а Ni и Fe – у Е.И. Гончарука (1986).

По формуле Ю.Е. Саета определяли суммарный показатель загрязнения почвы (Ковальчик и др., 2017; Шацкая и др., 2020):

$$Z_c = K_c - (n - 1),$$

где  $K_c$  – сумма коэффициентов концентрации компонентов загрязнения;  $n$  – количество учитываемых загрязняющих веществ с  $K_c > 1,0$ .

Категорию суммарного загрязнения почв определяли по существующим параметрам: допустимая ( $Z_c < 16$ ), умеренно опасная ( $16 < Z_c < 32$ ), опасная ( $32 < Z_c < 128$ ), чрезвычайно опасная ( $Z_c > 128$ ) (Ковальчик и др., 2017; Корчагина и др., 2014; Гигиенические нормативы..., 2021; Шацкая и др., 2020).

В рамках исследования применяется комплексный подход к статистическому анализу данных с помощью программного обеспечения Statistica for Windows 13.3. Для обеспечения надежности результатов, анализ данных включал несколько этапов. Проверку нормальности распределения проводили с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения двух независимых выборок применяли критерий Манна-Уитни, для зависимых – критерий Вилкоксона, которые позволяют выявить статистически значимые различия между группами. Для детальной характеристики распределения рассчитывались основные описательные статистики: среднее значение, медиана, стандартная ошибка среднего, коэффициент вариации, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения.

Аппроксимация экспериментальных данных реализована путем построения диаграммы по исходным данным с последующим подбором подходящей аппроксимирующей функции (линии тренда) (Курзаева, 2016). Коэффициент детерминации позволяет оценить точность аппроксимации и может принимать значения от 0 до 1:

– если  $R^2 \geq 0,95$ , то это свидетельствует о высокой точности аппроксимации;

- при  $0,75 \leq R^2 < 0,95$  аппроксимация оценивается как удовлетворительная, модель в целом адекватно описывает явление;
- если  $0,5 \leq R^2 < 0,75$ , это указывает на слабую аппроксимации, в таком случае модель слабо описывает явление.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1 Физико-химические свойства чернозема южного при выращивании винограда и черешни

Интенсивное использование почв в сельском хозяйстве оказывает существенное влияние на их физико-химические свойства, изменяя естественные циклы и процессы почвообразования. Распашка, внесение удобрений, возделывание высокоурожайных сортов и отчуждение фитомассы приводят к заметным трансформациям показателей почвенного плодородия (Азаренко и др. 2010; Лукин, 2023).

Исследования физико-химических свойств (содержание гумуса, карбонатов;  $pH_{H_2O}$ ) и гранулометрического состава чернозема южного чистого пара, целины, ампелоценоза, садового агроценоза проводили в 2019, 2022-2024 годах.

В ходе анализа полученных данных установлено, что максимальное содержание гумуса в черноземе южном целины отмечено в слоях 0-20 и 20-40 см. Среднее значение в слое 0-20 см составляет 4,7 %, в 20-40 см – 4,2%. Коэффициент вариации (V) 13,1% и 14,5 % соответственно. На глубине 40-60 см - 3,2% при V – 14,3%. Снижаясь на 1,4% к слою 60-80 см, количество гумуса находится на уровне 1,8 %. Минимальное значение отмечено на глубине 80-100 см – 1,0 % (табл.1, рис.7).

Таблица 1 – Статистические показатели содержания гумуса в черноземе южном целины (n = 12; 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	4,7±0,4	4,8	4,0	5,2	0,6	13,1
20-40	4,2±0,4	3,9	3,8	4,9	0,6	14,5
40-60	3,2±0,3	3,3	2,7	3,6	0,5	14,3
60-80	1,8±0,4	1,8	1,1	2,4	0,7	36,8
80-100	1,0±0,1	0,9	0,8	1,2	0,2	21,5

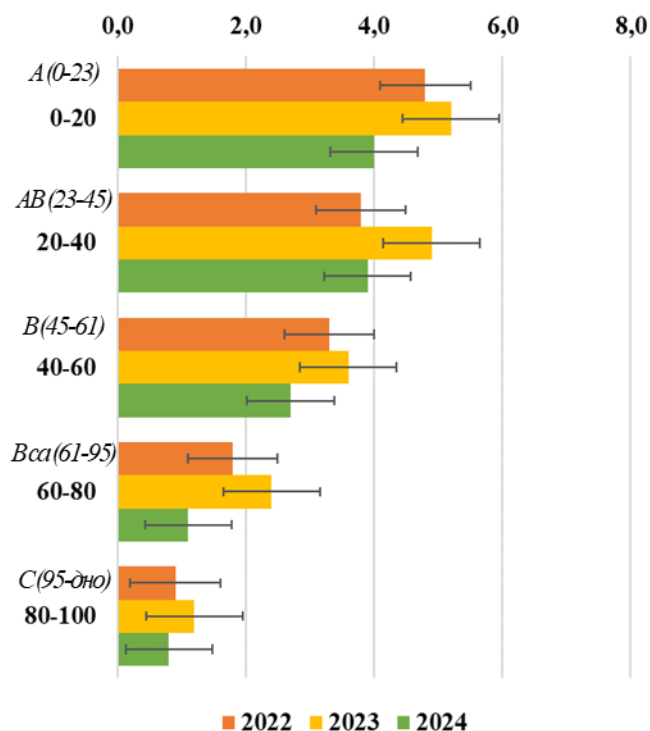


Рисунок 7 – Содержание гумуса в черноземе южном целины, %

Согласно градации Д.С. Орлова с соавт. (2004), уровень гумуса в слое 0-20 и 20-40 см характеризуется как «ниже среднего», с 40-60 до 80-100 – низкий и малый.

Для оценки достоверности различий в профильном распределении гумуса за 2022-2024 гг. в чернозёме южном целины был использован критерий Вилкоксона для связанных выборок (табл.2). Согласно ему, на глубине 40-60 см отмечено статистически достоверное уменьшение среднего содержания гумуса в сравнении с 0-20 и 20-40 см: на 32,0 % и 24,0 % соответственно. В паре сравнения 40-60 & 60-80 см также достоверно установлено снижение на 43,8 %. Общая закономерность распределения гумуса по профилю чернозема южного характеризуется его статистически подтвержденным понижением с глубины 0-20 см до 80-100 см на 78,7 %.

Таблица 2 – Сравнительный анализ между слоями по содержанию гумуса в черноземе южном целины, чистого пара, ампелоценоза и садового агроценоза (+ наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Целина	Чистый пар	Ампелоценоз	Садовый агроценоз
0-20 & 20-40	-	-	-	-
20-40 & 40-60	+	+	+	+
40-60 & 60-80	+	+	+	+
60-80 & 80-100	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	+	+

Содержание гумуса в черноземе южном чистого пара в слое 0-20 см и 20-40 см находится на уровне 3,2 % и 1,8 %, что соответствует низкому уровню. Его количество в слое 0-40 см на 45,0% ниже, в сравнении с целинными участками (рис.8). На глубине 40-60 см достигает очень малого уровня (1,0 %), снижаясь к 80-100 см до 0,6%.

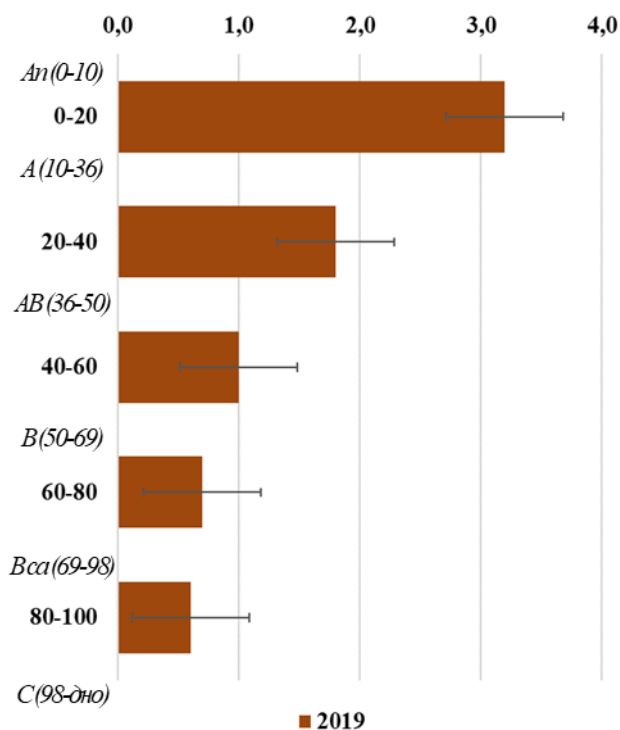


Рисунок 8 – Содержание гумуса в черноземе южном чистого пара (n = 3; 2019 г.), %

При выращивании винограда наблюдается тенденция к уменьшению содержания гумуса с глубиной почвенного профиля. В 2019 году его количество во всех слоях относительно низкое – 2,8% в слое 0-20 см и 0,6% в 80-100 см. В 2022-2023 гг. наблюдается увеличение, особенно в гумусо-аккумулятивном слое (0-40 см) – до 3,2 (0-20 см) и 2,7% (20-40 см). В 2024 году отмечено значительное увеличение содержания гумуса по всему профилю чернозема южного, особенно в слоях 0-20 и 20-40 см на 25,0% по сравнению с 2019, 2022-2023 годами (табл.3, рис.9). Несмотря на эти изменения, его содержание оставалось в пределах 2,0-4,0%, что характеризуется низким уровнем.

Таблица 3 – Статистические показатели содержания гумуса в черноземе южном ампелоценоза (n = 24; 2019, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	3,2±0,2	3,1	2,8	3,7	0,4	12,8
20-40	2,7±0,3	2,6	2,2	3,4	0,5	18,9
40-60	1,8±0,1	1,9	1,4	1,9	0,2	13,6
60-80	1,1±0,1	1,1	1,0	1,2	0,1	7,4
80-100	0,8±0,1	0,8	0,6	0,9	0,1	17,2

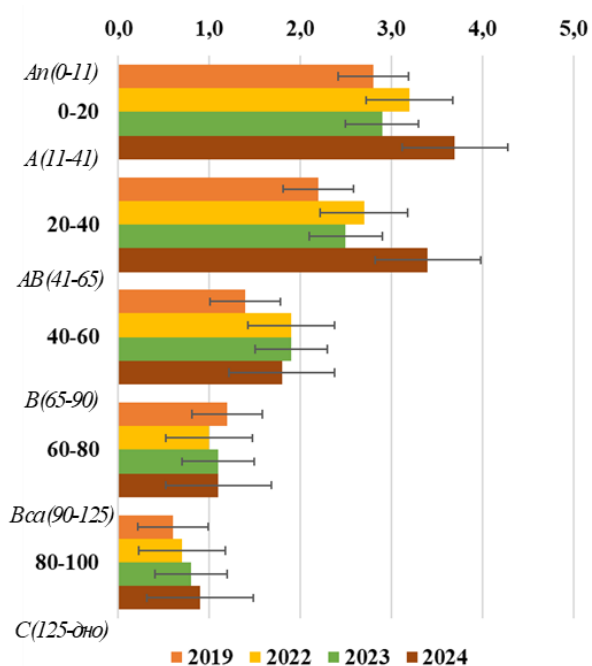


Рисунок 9 – Содержание гумуса в черноземе южном ампелоценоза, %

Установлено статистически достоверное изменение содержания гумуса в паре сравнения 0-40 & 40-60 см на 35,0%. Такая же значимая разница выявлена и для 40-60 & 60-80 см. Достоверно снижаясь с 0-20 см до 80-100 см, процентное изменение составляет 75,0% (табл.2).

Аналогично целине и ампелоценозу, при выращивании черешни максимальное содержание гумуса за все годы исследования выявлено на глубинах 0-20 см ( $x = 3,5\%$  при  $V = 12,1\%$ ) и 20-40 см ( $x = 3,2\%$  при  $V = 7,0\%$ ) (табл.4, рис. 10)

Таблица 4 – Статистические показатели содержания гумуса в черноземе южном садового агроценоза ( $n = 24$ ; 2019, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	$3,5 \pm 0,2$	3,6	2,9	3,9	0,4	12,1
20-40	$3,2 \pm 0,1$	3,2	2,9	3,4	0,2	7,0
40-60	$1,9 \pm 0,1$	1,9	1,5	2,1	0,3	14,3
60-80	$0,9 \pm 0,1$	0,9	0,7	1,1	0,2	19,5
80-100	$0,4 \pm 0,1$	0,4	0,3	0,5	0,1	20,4

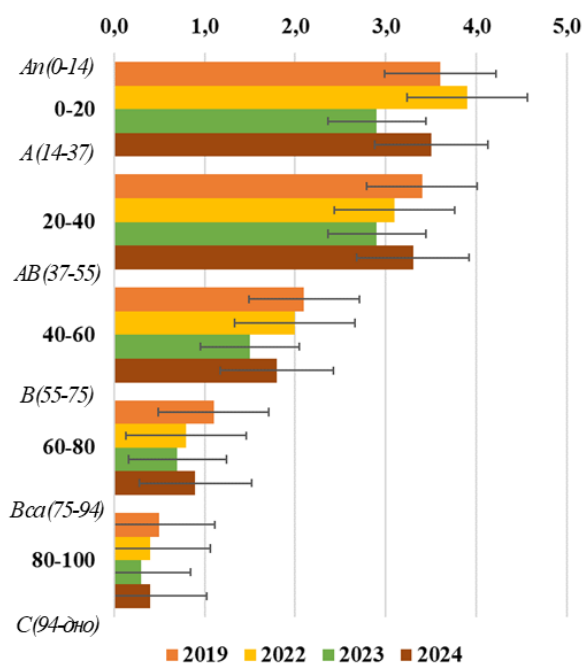


Рисунок 10 – Содержание гумуса в черноземе южном садового агроценоза, %

В целом для слоев 0-20 и 20-40 см отмечено изменение содержания гумуса и тенденция к увеличению от 2019 к 2024 году, что говорит о положительной динамике его накопления. Среднее содержание гумуса в слое 0-40 см за 2019-2024 гг. составляет 3,4 % (рис.10).

Статистически достоверное снижение содержания гумуса на 41,0% установлено в парах сравнения 20-40 & 40-60 см. Накопление в гумусо-аккумулятивном слое и постепенное уменьшение с глубиной на 88,6% подтверждается сравнением 0-20 & 80-100 см (табл.2).

При исследовании  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного целины установлено, что в слое 0-20 см ее среднее значение составляет 7,7, возрастая на 10,4% до 8,5  $pH_{H_2O}$  к слою 80-100 см, характеризуясь слабощелочной реакцией среды (рис.11, табл.5) (Вальков и др., 2008). Коэффициент вариации колеблется в пределах 0,7-2,0%, что указывает на однородность, стабильность и сконцентрированность вокруг среднего значения.

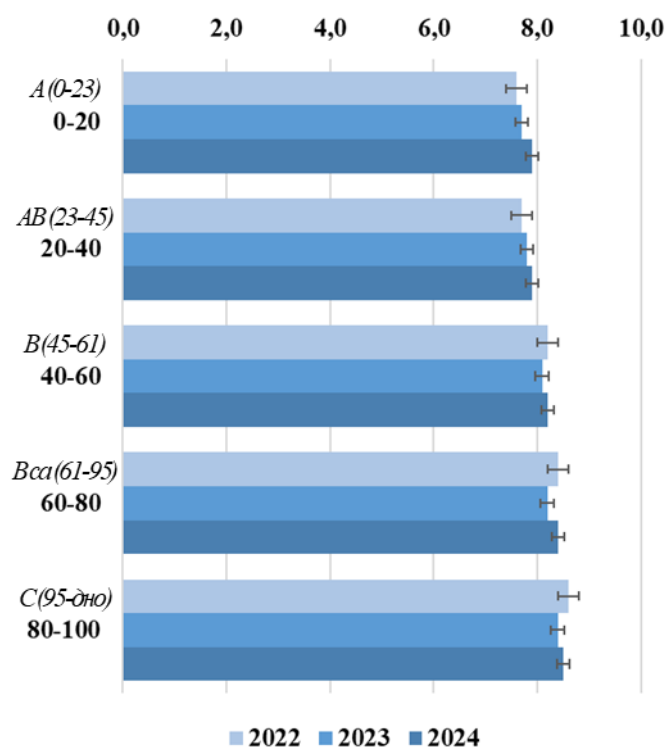


Рисунок 11 –  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного целины

Таблица 5 – Статистические показатели  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного целины (n = 12, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	7,7±0,1	7,7	7,6	7,9	0,2	2,0
20-40	7,8±0,1	7,8	7,7	7,9	0,1	1,3
40-60	8,2±0,1	8,2	8,1	8,2	0,1	0,7
60-80	8,3±0,1	8,4	8,2	8,4	0,1	1,4
80-100	8,5±0,1	8,5	8,4	8,6	0,1	1,2

В слое 0-20 см чернозема южного чистого пара значение  $pH_{H_2O}$  составляет 7,4, при этом на аналогичной глубине целинных участков - 7,7, что может быть связано с подкислением почвы при использовании пестицидов и агрохимикатов в чистом пару (рис.12). В обоих ценозах исследуемый показатель увеличивается с 0-20 к 80-100 см на 13,5% (чистый пар, 2019 г.) и 10,3% (целина, 2022-2024 гг.).

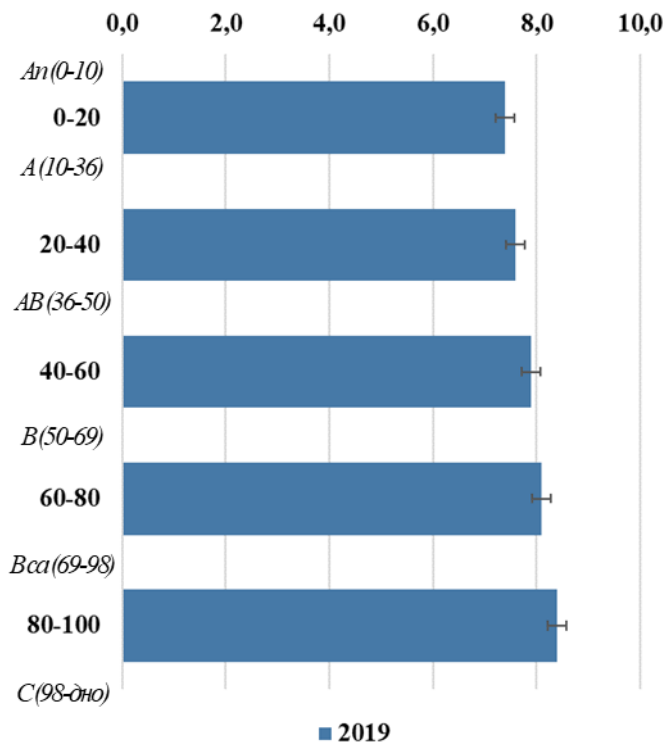


Рисунок 12 –  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного чистого пара (n=3, 2019 г.)

На глубине 40-60 см целинного участка при помощи критерия Вилкоксона установлено статистически достоверное увеличение  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора. В паре сравнения 0-20 & 80-100 см для целины и чистого пара выявлено подтвержденное статистически увеличение  $pH_{H_2O}$  с 7,7 до 8,5 (табл.6).

Таблица 6 – Сравнительный анализ между слоями по  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора в черноземе южном целины, чистого пара, ампелоценоза и садового агроценоза (+ наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Целина	Чистый пар	Ампелоценоз	Садовый агроценоз
0-20 & 20-40	-	-	-	-
20-40 & 40-60	+	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	+	+

В целом для чернозема южного ампелоценоза, как и для целины, установлена слабощелочная реакция среды. Значение  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора в слое 0-20 см составляет 7,6, в 20-40 см – 8,0 при V - 1,3% и 1,6% соответственно. Увеличиваясь количественно на 0,8 единиц от слоя 0-20 см к 60-80 см, среднее значение находится на уровне 8,4. Максимальное  $pH_{H_2O}$  отмечено на глубине 80-100 см – 8,6 (табл.7, рис.13).

Таблица 7 – Статистические показатели  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема ампелоценоза (n = 24; 2019,2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V,%
0-20	7,6±0,1	7,7	7,5	7,7	0,1	1,3
20-40	8,0±0,1	8,0	7,8	8,1	0,1	1,6
40-60	8,2±0,1	8,3	7,9	8,4	0,2	2,6
60-80	8,4±0,1	8,4	8,2	8,7	0,2	2,4
80-100	8,6±0,1	8,6	8,4	8,8	0,2	2,0

Во всех слоях чернозема южного наблюдается тенденция к небольшому уменьшению  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора с 2019 по 2024 год. При этом значение  $pH$  увеличивается с глубиной от 0-20 до 80-100 см. Самые высокие значения  $pH$  закономерно наблюдаются в слоях 60-80 и 80-100 см (рис.13).

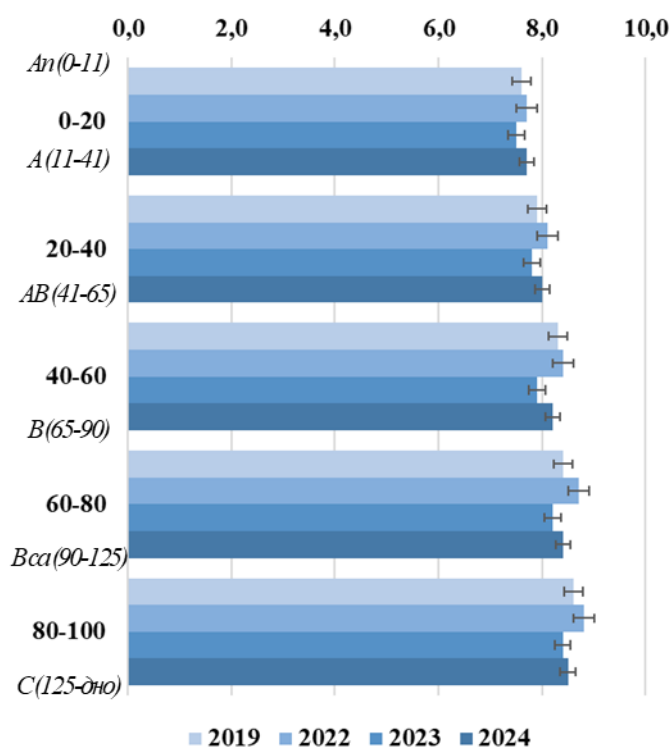


Рисунок 13 –  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного ампелоценоза

Статистически достоверное увеличение  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора на 13,2% установлено в паре сравнения 0-20 & 80-100 см. В связи с постепенным увеличением реакции среды почвенного раствора вниз по профилю, достоверных различий в изучаемых слоях не обнаружено.

Увеличение  $pH_{H_2O}$  с глубиной характерно и для профиля чернозема южного садового агроценоза. Среднее значение в слое 0-20 см составляет 7,3, в 20-40 см – 7,5 при  $V$  – 4,3 и 2,9% соответственно. На глубине 40-60 и 60-80 см  $pH_{H_2O}$  продолжает увеличиваться и в слое 80-100 см достигает максимального значения – 8,2 при  $V$  – 4,4 (табл.8). Реакция среды в верхней части гумусового горизонта близка к нейтральной ( $pH$  6,5-7,5) и книзу подщелачивается. Такие

низкие значения коэффициентов вариации, установленных для каждого слоя, указывают на высокую точность измерений или стабильность процесса.

Таблица 8 – Статистические показатели  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема садового агроценоза (n = 24, 2019, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	7,3±0,2	7,3	7,0	7,7	0,3	4,3
20-40	7,5±0,1	7,5	7,3	7,8	0,2	2,9
40-60	7,8±0,2	7,9	7,3	8,0	0,3	4,1
60-80	8,0±0,2	8,1	7,5	8,2	0,3	4,0
80-100	8,2±0,2	8,4	7,7	8,5	0,4	4,4

Для  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема садового агроценоза установлена тенденция к увеличению с 0-20 по 80-100 см. Статистически достоверное изменение на 12,5 % обнаружено в паре сравнения 0-20 & 80-100 см (рис.14, табл.6).

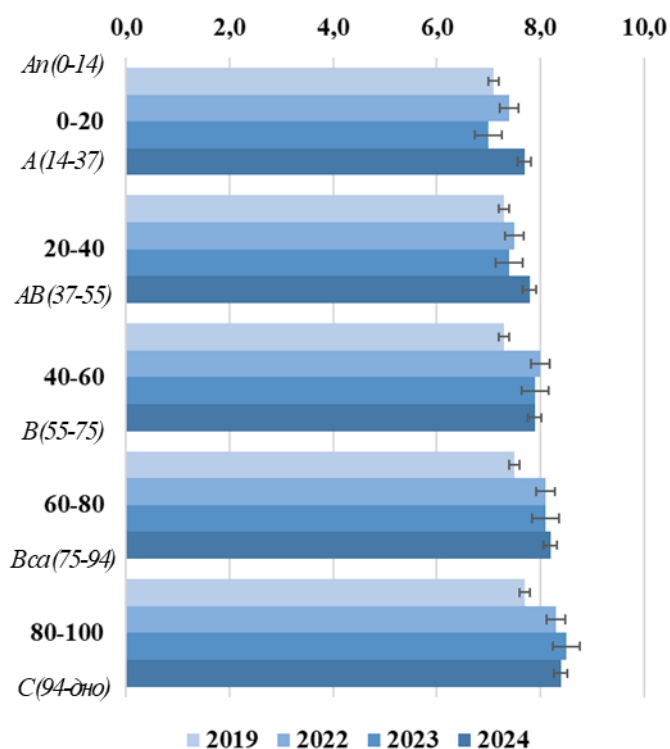


Рисунок 14 –  $pH_{H_2O}$  почвенного раствора чернозема южного садового агроценоза

Изменение количества карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ) в чернозёме южном вниз по профилю – важная характеристика, отражающая процессы почвообразования. В засушливом климате с недостаточным увлажнением вымывание карбонатов слабое, и они могут накапливаться в верхних горизонтах (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2012; Сенькова, Гринец, 2023).

В ходе исследования установлено увеличение количества  $\text{CaCO}_3$  по профилю чернозема южного целины. В слое 0-20 см составляет 1,4 %, в 20-40 см - 1,6 % при  $V$  – 33,8 и 24,7% соответственно. Увеличиваясь количественно на 0,9%, в слое 40-60 см среднее равно 2,5 % при  $V$  – 48,5 %. С глубиной разница увеличивается и в слое 80-100 см содержание  $\text{CaCO}_3$  составляет 3,5 % при  $V$  – 18,3% (табл.9, рис.15). Такая высокая вариабельность, отраженная в коэффициенте  $V$ , объясняется миграцией карбонатов по почвенному профилю черноземов. В сравнении 2022 и 2023-2024 гг. прослеживается тенденция к уменьшению количества  $\text{CaCO}_3$  в среднем на 1-1,2 %.

Таблица 9 – Статистические показатели содержания  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном целины, % ( $n = 12$ ; 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	$V, \%$
0-20	1,4±0,3	1,1	1,1	1,9	0,5	33,8
20-40	1,6±0,2	1,4	1,4	2,1	0,4	24,7
40-60	2,5±0,7	1,8	1,8	3,9	1,2	48,5
60-80	3,0±0,5	2,5	2,5	4,0	0,9	28,9
80-100	3,5±0,4	3,1	3,1	4,2	0,6	18,3

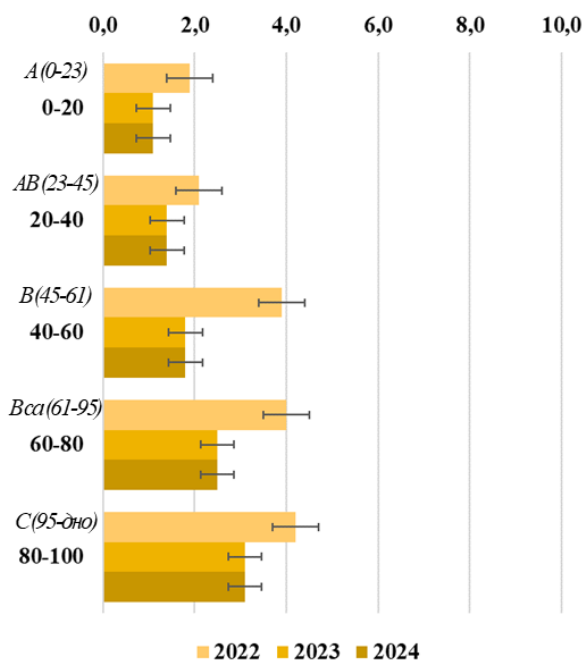


Рисунок 15 – Содержание  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном целины, %

Содержание  $\text{CaCO}_3$  в слое 0-80 см чернозема южного целины и чистого пара в 2019 и 2022 годах находится примерно на одном уровне и достоверно не различается (рис.16).

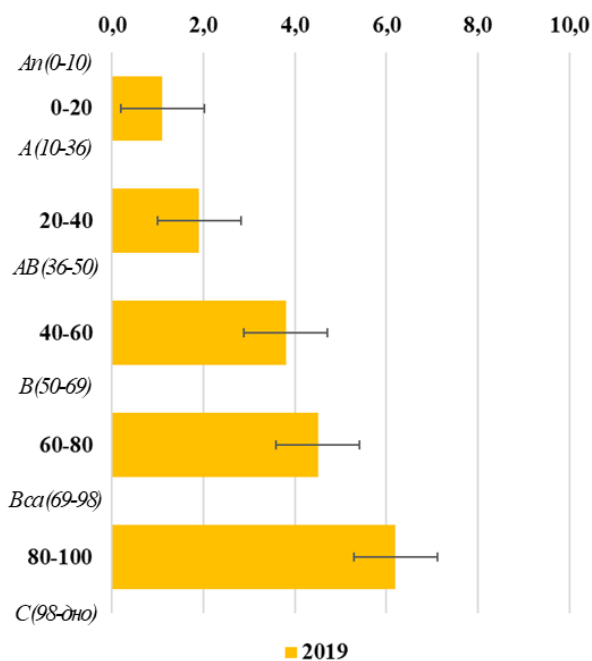


Рисунок 16 – Содержание  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном чистого пара (n=3; 2019 г.), %

Достоверное увеличение  $\text{CaCO}_3$  по профилю чернозема южного целины и чистого пара обнаружено в паре сравнения 0-20 & 80-100 см, а также для чистого пара - 60-80 & 80-100 см. В остальных случаях прослеживается статистически неподтвержденное направленное увеличение количества  $\text{CaCO}_3$  с 0-20 до 60-80 см (табл.10).

Таблица 10 – Сравнительный анализ между слоями по содержанию  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном целины, чистого пара, ампелоценоза и садового агроценоза (+ наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Целина	Чистый пар	Ампелоценоз	Садовый агроценоз
0-20 & 20-40	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	+	+
60-80 & 80-100	-	+	+	-
0-20 & 80-100	+	+	+	+

При выращивании винограда среднее содержание  $\text{CaCO}_3$  в слое 0-20 см чернозема составляет 1,3%, в слое 20-40 см – 1,9 %. Несмотря на некоторую вариативность (25,9 и 13,7 соответственно), данные относительно однородны. В слоях 40-60 и 60-80 см количество  $\text{CaCO}_3$  достигает 2,5 и 3,7% при V-16,3 и 17,5% соответственно. Максимального уровня достигает в слое 80-100 см – 4,9% (табл. 11, рис.17).

Таблица 11 – Статистические показатели содержания  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном ампелоценоза, % (n = 24; 2019, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	1,3±0,2	1,3	0,9	1,7	0,3	25,9
20-40	1,9±0,1	1,9	1,7	2,3	0,3	13,7
40-60	2,5±0,2	2,4	2,2	3,1	0,4	16,3
60-80	3,7±0,3	3,4	3,2	4,6	0,6	17,5
80-100	4,9±0,3	5,0	4,2	5,6	0,6	11,9

Статически достоверное увеличение среднего содержания  $\text{CaCO}_3$  на 48,0% установлено в паре сравнения 40-60 & 60-80, на 25,0% в 60-80 & 80-100 см. Визуально прослеживаемое по рисунку 17 и подтверждаемое статистически увеличение на 276,0 % в паре 0-20 & 80-100 см (табл.10).

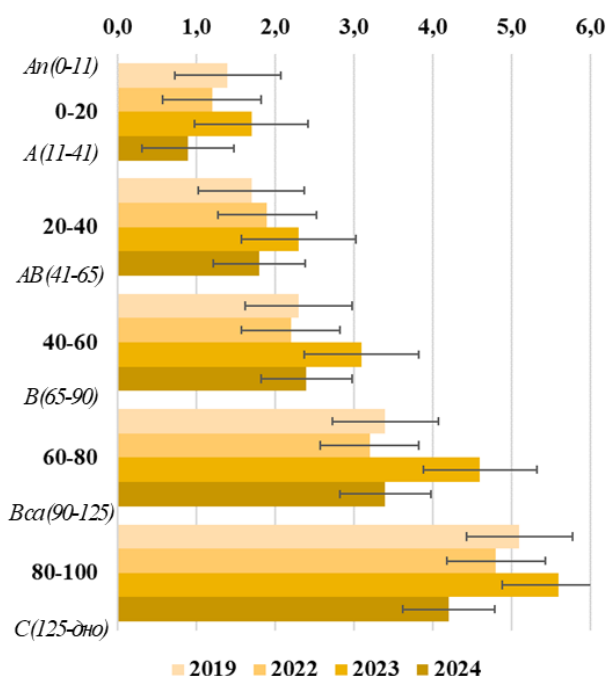


Рисунок 17 – Содержание  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном ампелоценоза, %

В почве садового агроценоза содержание  $\text{CaCO}_3$  в слое 0-20 и 20-40 см достигает 2,2 и 2,5 % соответственно. На глубине 40-60 см заметно направленное увеличение количества  $\text{CaCO}_3$  к слою 60-80 см, где оно составляет 5,9 %, возрастая количественно на 0,9 % в слое 80-100 см (табл.12).

Таблица 12 – Статистические показатели содержания  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном садового агроценоза, % (n = 24; 2019, 2022-2024 гг.)

Глубина, см	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20	2,2±0,1	2,2	1,8	2,4	0,3	12,3
20-40	2,5±0,2	2,6	2,1	2,8	0,3	13,5
40-60	4,8±0,9	4,0	3,7	7,4	1,8	36,8
60-80	5,9±1,3	5,0	4,0	9,5	2,5	42,7
80-100	6,8±1,2	6,3	4,7	9,7	2,4	35,5

Максимальное содержание  $\text{CaCO}_3$  по всему профилю чернозема выявлено в 2019 году, где в 40-60, 60-80, 80-100 см оно колеблется в пределах 7,4-9,7 %. В 2022-2024 гг. разница менее заметна (рис.18). Статически достоверное увеличение среднего содержания  $\text{CaCO}_3$  на 23,0 % установлено в парах сравнения 40-60 & 60-80 и на 15,3 % в 0-20 & 80-100 см. (табл.10).

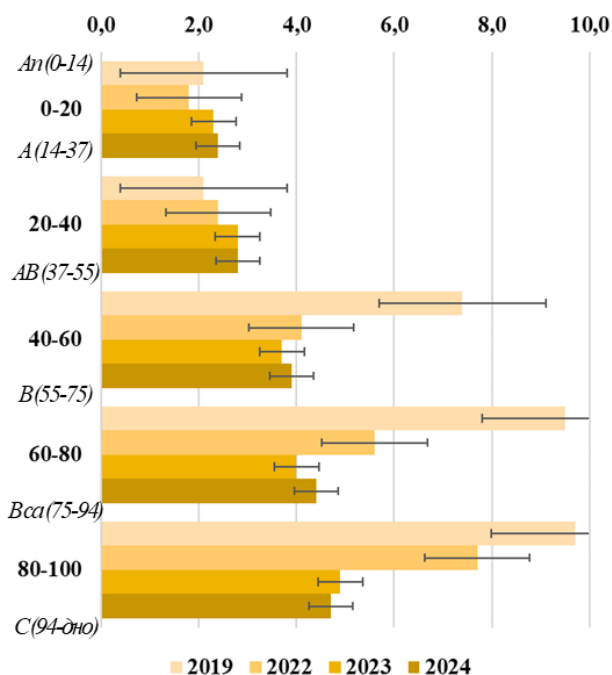


Рисунок 18 – Содержание  $\text{CaCO}_3$  в черноземе южном садового агроценоза, %

Результаты исследования содержания гумуса в профиле чернозёма целины, чистого пара, ампелоценоза и садового агроценоза свидетельствует о том, что его количество обусловлено не только природными факторами, но и антропогенным воздействием, а именно спецификой сельскохозяйственного использования. Наибольшее средневзвешенное содержание гумуса (4,1 %) в слое 0-40 см чернозёма южного целинных участков, а меньшее под виноградником (2,5 %), черешней (2,8 %) и чистым паром (2,0 %). При выращивании различных сельскохозяйственных культур в чернозёме южном происходит снижение содержание гумуса на 1,3 – 2,0 % в сравнении с целинными участками, что

статистически подтверждается критерием Манна-Уитни. Разница между целиной и ампелоценозом составляет 37,5 %, для садового агроценоза – 30,0 %, для чистого пара – 50,0 %. Полученные результаты согласуются с работами И.В. Давыдова (2008), А.Х. Шеуджена (2015, 2018), С.В. Лукина (2023).

Реакция почвенного раствора чернозёма южного под исследуемыми культурами, чистым паром и целиной в основном слабощелочная. В ампелоценозе и чистом паре увеличение  $pH_{H_2O}$  по профилю с 0-20 до 80-100 см в среднем достигает 13,0 – 14,0 %, у садового агроценоза – 16,0 %. В среднем для чернозёма южного характерно небольшое увеличение pH с глубиной: в гумусовых горизонтах pH обычно колеблется в пределах pH 7,3 – 7,9, на глубине 60 см немного выше и достигает pH 8,0 – 8,6. Подщелачивание происходит в слое 60-80 см, где отмечается рост  $pH_{H_2O}$ , что обуславливается повышенным содержанием карбонатов кальция в нижних горизонтах. Данный факт описывается И.В. Давыдовым (2008) при исследовании чернозёма южного в условиях интенсивного землепользования, Д.В. Жуйковым (2021) при описании пахотного и целинного чернозема обыкновенного, а также О.С. Безугловой и М.М. Хырхыровой (2008) при характеристике физико-химических свойств черноземов южных среднемоощных.

Содержание  $CaCO_3$  на глубине 0-40 см достигает 1,2-2,3 % в чернозёме южном под виноградником, 1,8-2,8 % под черешневым садом, 1,1-2,1 % в чистом пару и целинных участках. С увеличением глубины (от 0-40 до 80-100 см) прослеживается заметное накопление карбонатов в ампелоценозе на 74 % (с 1,3 до 4,2 %), на 43,0 % (с 2,3 до 7,0 %) в садовом агроценозе, на 76,0 % (с 1,5 до 6,2 %) в условиях чистого пара и на 49,0 % (с 1,8 до 3,5 %) на целинных участках. В агроценозах наблюдается количество карбонатов немного больше по сравнению с целинными участками. В рамках 4-хлетнего наблюдения прослеживается динамика в количестве  $CaCO_3$ . Такие изменения могут быть связаны с агротехническими мероприятиями, климатическими условиями (количество

осадков, температура), особенностями микрорельефа, но прежде всего особенностями сельскохозяйственных культур.

Согласно классификации почв и пород по Н.А. Качинскому (Шеин, 2005) исследуемый южный чернозем характеризуется как тяжелосуглинистый. При различном сельскохозяйственном использовании (ампелоценоз, садовый агроценоз, чистый пар) содержание частиц диаметром менее 0,01 мм в гумусо – аккумулятивном горизонте составляет 47,2-54,5 %, на целине содержание физической глины достигает 56,1 %.

### **3.2 Содержание и закономерности внутрiproфильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном целинных участков и чистого пара**

Основным фактором, определяющим повышенное содержание Cu, Mn, Zn, Fe и Ni в верхних горизонтах чернозема южного, является биогенная аккумуляция. Вниз по профилю происходит выщелачивание, которое приводит к их миграции. Наличие карбонатов в профиле чернозема южного оказывает влияние на подвижность и доступность Cu, Mn, Zn, Fe, Ni. Помимо этого, уменьшение содержания гумуса снижает способность почвы их удерживать (Самофалова, 2009; Hooda. P. 2010; Протасова и др., 2015; Митрохина, 2021; Sagwal et al., 2023).

По данным В.В. Акимцева (1962), Б.М. Хорошкина (1979), Н.С. Горбуновой (2005), И.В. Давыдова (2008), А.В. Кучеренко и О.А. Бирюковой (2023) среднее содержание Cu в черноземе южном находится в пределах 15-50 мг/кг, Mn – от 500 до 850 мг/кг, количество Zn в почвах Ростовской области составляет 20-150 мг/кг.

В черноземе южном целины по результатам исследования в слое 0-20 см содержание валовой Cu составляет 68,3 мг/кг и на глубине 60-80 см снижается на 10,0% в сравнении с слоем 0-20 см. Распределение Zn и Ni по профилю подвержено несущественному изменению их содержания на 5,0% с 95,7 до 91,2

мг/кг и на 3,4% с 59,4 до 57,4 мг/кг по сравнению с глубиной отбора проб 0-20 и 60-80 см соответственно (рис.19)

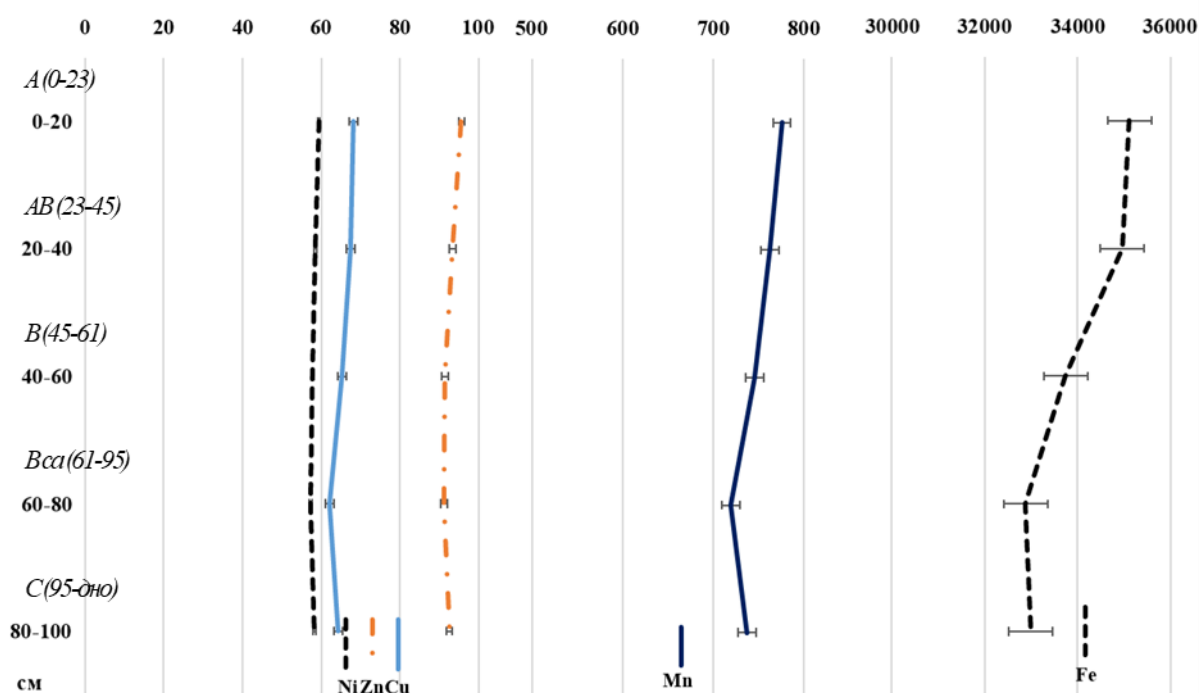


Рисунок 19 – Внутрипрофильное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном целины (n=3, 2022 г.), мг/кг почвы

Подобно меди Mn характеризуется накоплением в слоях 0-20 и 20-40 см с постепенным снижением на 15,0% по сравнению с слоем 60-80 см, что достоверно подтверждается критерием Вилкоксона (рис.19, табл.13). Железо незначительно снижается на 6,0% с 35112,1 (0-20 см) до 32879,2 мг/кг (60-80 см) и увеличивается на глубине 80-100 см на 114 мг/кг (рис.16). Для Zn и Ni достоверных различий в их распределении по профилю чернозема южного не обнаружено. Подобная ситуация отмечена в парах сравнения 0-20&20-40, 20-40 &40-60, 60-80&80-100 см для Cu, Mn и Fe, что свидетельствует о слабой степени варьирования исследуемых микроэлементов по почвенному профилю. Несмотря на это для Cu, Mn и Zn в сравнении 0-20&80-100 см установлено статистически достоверное различие (табл.13).

Таблица 13 – Сравнительный анализ между слоями по валовому содержанию Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном целины (+ наличие достоверных различий; -отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
0-20 & 20-40	-	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	-	-	-	-
40-60 & 60-80	+	+	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	-	+	-

Внутрипрофильное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном чистого пара, как и на целине, характеризуется снижением их содержания по мере уменьшения количества гумуса, изменения реакции почвенной среды и увеличения концентрации карбонатов (рис.20).

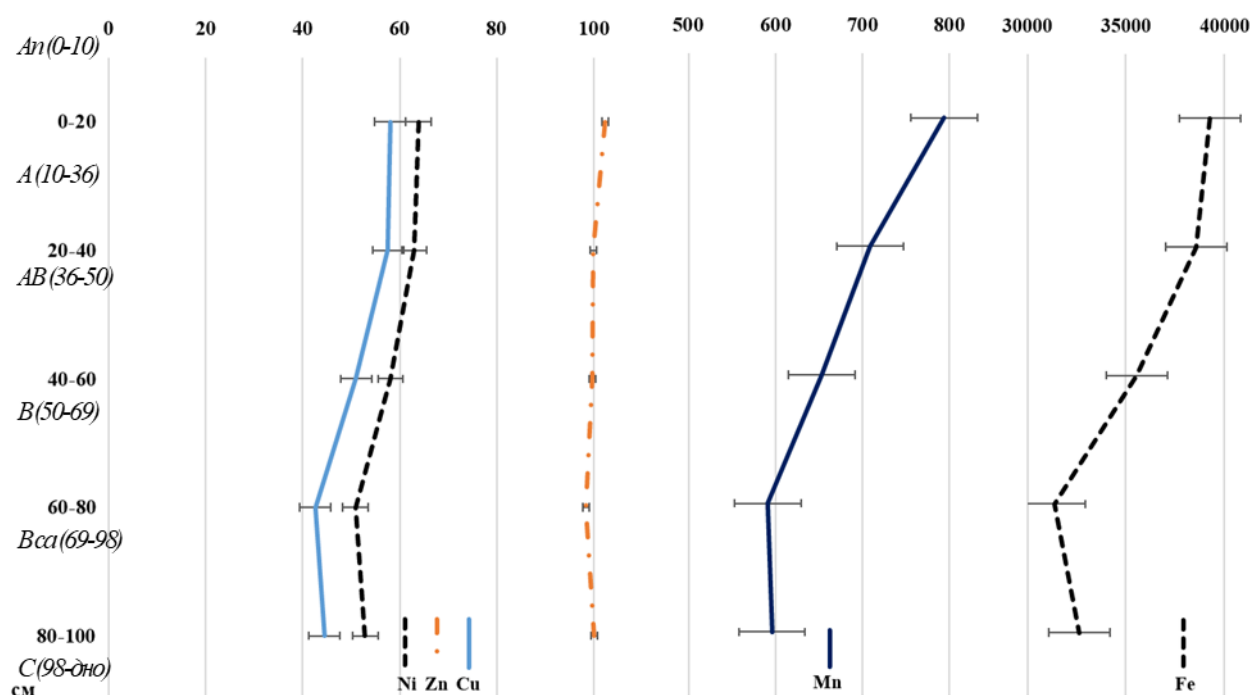


Рисунок 20 – Внутрипрофильное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном чистого пара (n=3; 2019), мг/кг почвы

Максимальное количество валовой Cu (58,1 мг/кг) и Ni (63,9 мг/кг) отмечено на глубине 0–20 см, достоверно снижаясь до глубины 80-100 см на 24,0% и 19,0% соответственно (рис.20, табл.14). Для Zn характерно слабое варьирование по профилю и незначительное изменение на 3,0% с 102,4 (0-20 см) до 98,4 мг/кг (60-80 см). Тенденция к увеличению их количества наблюдается на глубине максимального содержания CaCO<sub>3</sub> (80-100 см), что согласуется с данными Н.С. Горбуновой и Н. А. Протасовой (2008). Как и для вышеуказанных элементов распределение валового Mn и Fe по профилю чернозема южного характеризуется статистически подтвержденным снижением на 25,0% (с 794,5 до 596,2 мг/кг) и на 17,0% (с 39283,8 до 32643,3 мг/кг) соответственно (рис. 20, табл.14).

Таблица 14 – Сравнительный анализ между слоями по валовому содержанию Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном чистого пара (+ наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
0-20 & 20-40	+	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	-	-	-	-
40-60 & 60-80	+	+	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	-	+	+

Выявлена положительная корреляционная зависимость между валовым содержанием элементов питания и содержанием гумуса в чернозёме южном целины: Cu ( $r = 0,90$ ), Mn ( $r = 0,89$ ), Zn ( $r = 0,70$ ), Fe ( $r = 0,90$ ), Ni ( $r = 0,68$ ). Для чистого пара установлена высокая сила связи валовых Cu ( $r = 0,88$ ), Mn ( $r = 0,90$ ), Fe ( $r = 0,88$ ) с гумусом, для Zn ( $r = 0,50$ ), Ni ( $r = 0,70$ ) – заметная, согласно шкале Чеддока (Орлов, 2018).

Вычисленные коэффициенты радиальной дифференциации, указывают на поверхностно-аккумулятивный тип профильного распределения

микроэлементов и железа в чернозёме южном целины и чистого пара (рис. 21). Коэффициенты детерминации, установленные для общего содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в чернозёме южном целины и чистого пара, указывают на адекватное описание явления ( $0,75 \leq R^2 < 0,95$ ).

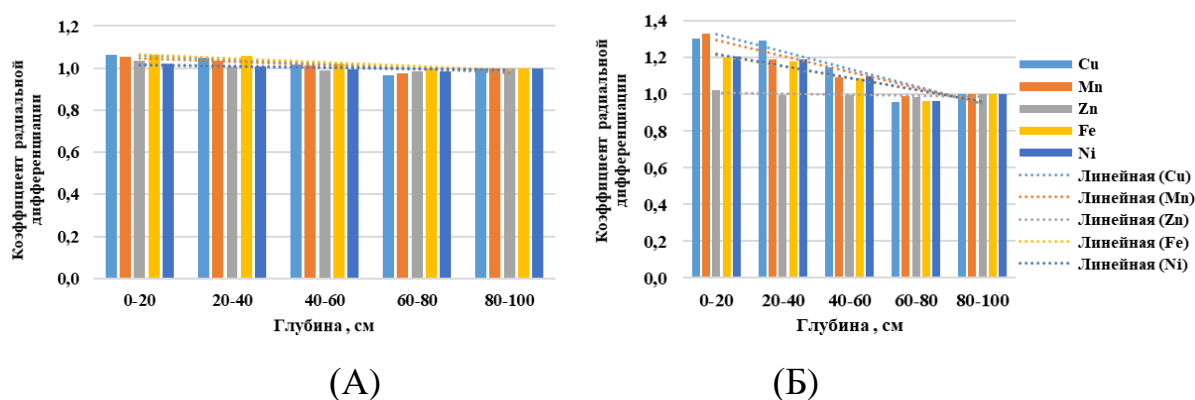


Рисунок 21 – Радиальная дифференциация валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni по профилю чернозема южного целины (А) и чистого пара (Б)

Общее содержание микроэлементов в почве, безусловно, является важной характеристикой, однако, для оценки обеспеченности растений питательными веществами первостепенное значение имеет изучение непрочносвязанных соединений микроэлементов. Именно они характеризуются актуальной и прогнозируемой доступностью для растений. Основная часть Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном целины представлена прочносвязанными соединениями. В среднем по каждому слою от 0-20 до 80-100 см: Cu - 85,0%, Mn – 78,0%, Zn – 99,0%, Ni – 90,0%. Высокое содержание рассматриваемых элементов в группе непрочносвязанных соединений доказывает и коэффициент подвижности (Кп). Его величина в гумусо-аккумулятивном слое (0-40 см) почвы целины невелик и варьируется от 0,01 (Zn) до 0,10-0,28 (Cu, Mn, Ni).

Непрочносвязанные соединения микроэлементов разделяют по механизму взаимодействия с основными почвенными компонентами (обменные, комплексные и специфически сорбированные). Их доля от общего содержания непрочносвязанных соединений составляет соответственно 15,0-19,0 %; 29,0-

32,0 %; 48,0-55,0 % для Cu; 22,0-24,0 %; 29,0-30,0 %; 46,0-47,0 % - Mn; 20,0-23,0 %; 26,0-29,0 %; 47,0-53,0 % - Zn; 15,0-26,0 %; 28,0-29,0 %; 45,0-56,0 % - Ni (рис.22). Коэффициент подвижности Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в гумусо-аккумулятивном слое (0-40 см) чернозема южного целины невелик и варьируется от 0,01 (Zn) до 0,10-0,28 (Cu, Mn, Ni).



Рисунок 22 – Процентное соотношение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном целины

Учет подвижных соединений микроэлементов в почве необходим для оценки обеспеченности растений питательными веществами, выявления риска загрязнения окружающей среды, мониторинга динамики микроэлементов и принятия обоснованных решений по управлению почвенным плодородием и экологической безопасностью (Минеев и др., 2017; Роева, 2018; Битюцкий,

2020). В данном исследовании учет доступных для растений соединений микроэлементов в чернозёме южном целинных участков вызывает большой интерес с точки зрения сопоставления с данными исследуемых агроценозов.

Содержание обменной Cu снижается с глубины 0-20 до 80-100 см на 36,0 % – с 1,83 до 1,17 мг/кг, Mn – на 17,0 % с 41,5 до 34,5 мг/кг, Zn – на 38,0 % с 0,32 до 0,20 мг/кг, Fe – на 24,0 %, с 11,2 до 8,5 мг/кг, Ni – на 59,0 % с 1,63 до 0,67 мг/кг (табл.15, рис.23).

Таблица 15 – Статистические показатели обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном целины (n=36; 2019, 2022-2024 гг.)

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	1,83±0,18	1,90	1,50	2,10	0,31	16,7
Mn	41,50±1,56	41,50	38,80	44,20	2,70	6,5
Zn	0,32±0,04	0,31	0,27	0,39	0,06	18,9
Fe	11,23±0,90	11,70	9,50	12,50	1,55	13,8
Ni	1,63±0,29	1,70	1,10	2,10	0,50	30,8
20-40 см						
Cu	1,57±0,15	1,60	1,30	1,80	0,25	16,1
Mn	39,47±1,32	38,40	37,90	42,10	2,29	5,8
Zn	0,28±0,02	0,28	0,25	0,31	0,03	10,7
Fe	10,47±0,79	11,10	8,90	11,40	1,37	13,0
Ni	1,30±0,23	1,30	0,90	1,70	0,40	30,8
40-60 см						
Cu	1,37±0,15	1,40	1,10	1,60	0,25	18,4
Mn	37,27±1,30	36,50	35,50	39,80	2,25	6,0
Zn	0,25±0,20	0,25	0,21	0,29	0,04	16,0
Fe	10,03±0,82	10,80	8,40	10,90	1,42	14,1
Ni	1,03±0,23	1,10	0,60	1,40	0,40	39,1
60-80 см						
Cu	1,27±0,19	1,40	0,90	1,50	0,32	25,4
Mn	36,40±1,29	35,70	34,60	38,90	2,23	6,1

Продолжение таблицы 15

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
Zn	0,21±0,04	0,18	0,17	0,29	0,07	31,2
Fe	9,53±0,86	9,90	7,90	10,80	1,48	15,6
Ni	0,83±0,18	0,90	0,50	1,10	0,31	36,7
80-100 см						
Cu	1,17±0,15	1,20	0,90	1,40	0,25	21,6
Mn	34,50±1,82	33,20	32,20	38,10	3,16	9,2
Zn	0,20±0,03	0,17	0,16	0,26	0,06	28,0
Fe	8,53±0,78	8,70	7,10	9,80	1,36	15,9
Ni	0,67±0,19	0,80	0,30	0,90	0,32	48,2

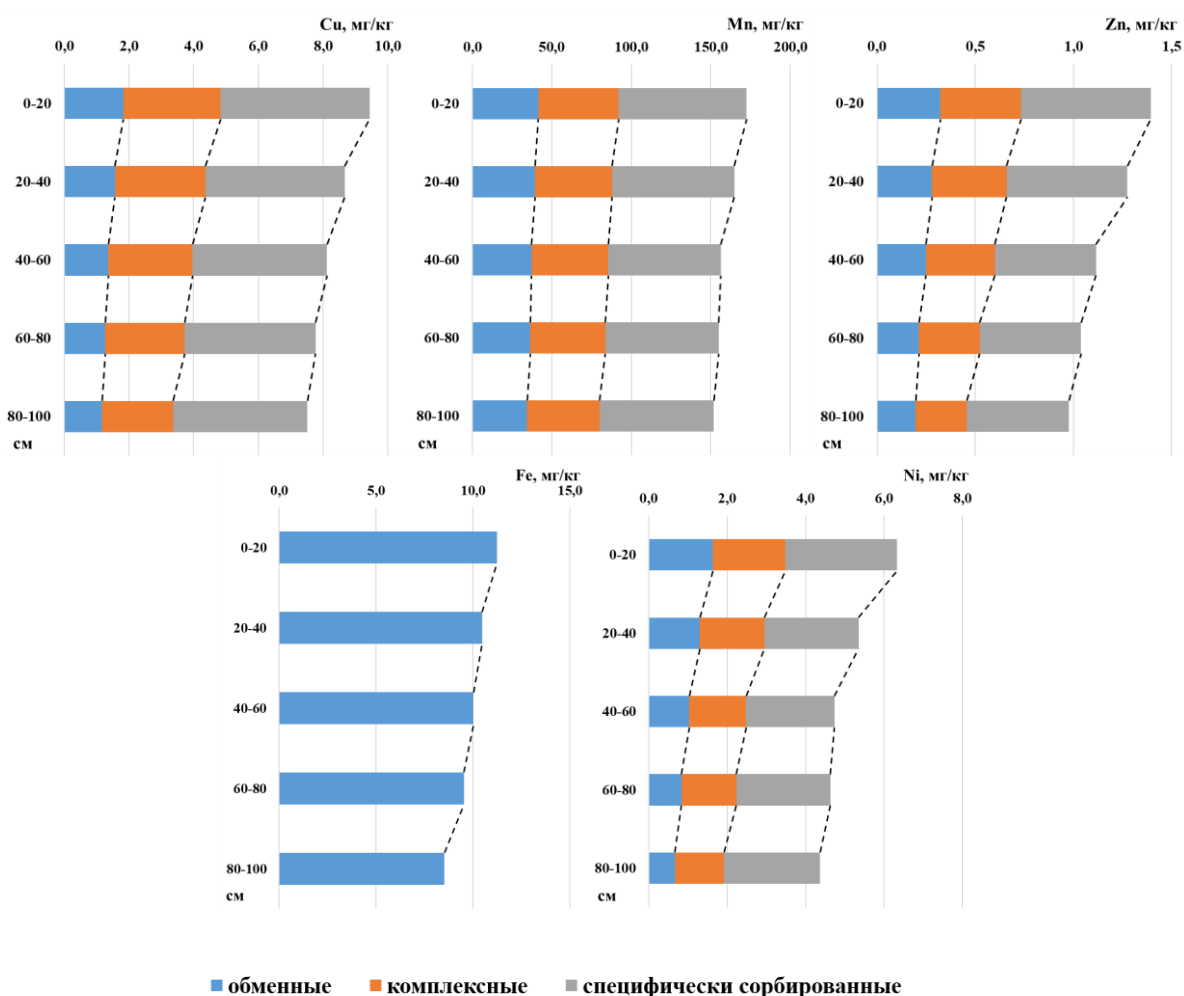


Рисунок 23 – Внутрпрофильное распределение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном целины, мг/кг

Для Cu установлено статистически достоверное различие между слоями 0-20 см и 20-40 см, у Mn - в паре сравнения 0-20 & 80-100 см. Для Cu, Mn, Zn и Ni установлены различия между слоями 0-20 см и 80-100 см. Для Fe достоверных изменений не обнаружено (табл.16).

Таблица 16 – Сравнительный анализ между слоями по содержанию непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni, Fe в черноземе южном целины (+ наличие достоверных различий; -отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
Обменные					
0-20 & 20-40	+	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	+	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	+	-	+
Комплексные					
0-20 & 20-40	-	-	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	+	+	-		+
Специфически сорбированные					
0-20 & 20-40	-	+	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	-	-	-		-

Сильная корреляционная зависимость установлена между исследуемыми обменными соединениями микроэлементов и гумусом: Cu ( $r = 0,76$ ), Fe ( $r = 0,76$ ), Ni ( $r = 0,77$ ), меньшей силы для Mn ( $r = 0,62$ ) и Zn ( $r = 0,56$ ). По данным А. Kabata-Pendias (1989, 2011) Cu, Mn и Zn в почве активно участвуют в процессах

комплексобразования, образуя соединения с гуминовыми и фульвокислотами, а также с минеральными компонентами, что определяет их распределение и подвижность. Для Cu ( $r = -0,68$ ), Mn ( $r = -0,64$ ), Zn ( $r = -0,58$ ) и pH выявлена заметная сила связи. Для Cu и CaCO<sub>3</sub> установлена весьма высокая сила связи – 0,93. Полученные взаимосвязи согласуются с исследованиями Н.Г. Зырина (1981), Н.С. Горбуновой, Н.А. Протасовой (2008), Д.В. Жуйкова (2021), A.S. Jayara (2023).

Комплексные соединения Cu, Mn, Zn и Ni в слое 0-20 см характеризуются наибольшим содержанием. Коэффициенты вариации для большинства микроэлементов остаются довольно низкими, особенно для Cu и Zn, что свидетельствует об относительно стабильном и однородном распределении комплексных соединений микроэлементов в черноземе южном. Для Mn в верхнем слое выявлена средняя изменчивость, а в остальных слоях также, как и для Cu и Zn - низкая ( $V < 10,0\%$ ). Никель по всему профилю почвы характеризуется средним варьированием (10,0–20,0%), что указывает на относительно стабильное, но более изменчивое распределение по сравнению с Cu и Zn (табл.17, рис.23).

Таблица 17 – Статистические показатели комплексных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном целины (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	3,00±0,10	2,90	3,10	0,14	4,7	4,7
Mn	50,60±4,5	46,10	55,10	6,36	12,6	12,6
Zn	0,42±0,03	0,43	0,39	0,45	0,03	3,9
Ni	1,85±0,25	1,60	2,10	0,35	19,1	19,1
20-40 см						
Cu	2,80±0,10	2,80	2,70	2,90	0,14	5,1
Mn	48,45±2,75	48,45	45,70	51,20	3,89	8,0
Zn	0,38±0,03	0,39	0,36	0,43	0,03	4,2

Продолжение таблицы 17

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V,%
Ni	1,65±0,25	1,65	1,40	1,90	0,35	21,4
40-60 см						
Cu	2,60±0,10	2,60	2,50	2,70	0,14	5,4
Mn	48,20±1,50	48,20	46,70	49,70	2,12	4,4
Zn	0,36±0,03	0,36	0,35	0,38	0,02	4,1
Ni	1,45±0,15	1,45	1,30	1,60	0,21	14,6
60-80 см						
Cu	2,45±0,05	2,45	2,40	2,50	0,07	2,9
Mn	47,40±1,60	47,40	45,80	49,00	2,26	4,8
Zn	0,31±0,02	0,32	0,28	0,34	0,03	3,9
Ni	1,40±0,10	1,40	1,30	1,50	0,14	10,1
80-100 см						
Cu	2,20±0,04	2,24	2,15	2,28	0,05	2,4
Mn	45,70±2,50	45,70	43,20	48,20	3,54	7,7
Zn	0,26±0,02	0,27	0,22	0,34	0,04	4,5
Ni	1,25±0,15	1,25	1,10	1,40	0,21	17,0

Во всех парах сравнения, кроме 0-20&80-100 см (Cu, Mn, Ni), не обнаружено статистически достоверных различий для всех исследованных микроэлементов. Это указывает на относительно равномерное распределение комплексных соединений микроэлементов по почвенному профилю (табл.16).

Высокая корреляционная зависимость установлена между комплексными соединениями Cu ( $r = 0,86$ ), Zn ( $r = 0,90$ ), Ni ( $r = 0,87$ ) и гумусом, заметная - для Mn ( $r = 0,61$ ).

В целом, анализ статистических данных по специфически сорбированным соединениям микроэлементов в черноземе южном целины показывает, что содержание Cu, Mn и Ni имеет тенденцию к снижению в верхних слоях (до 40-60 см). Zn же показывает рост изменчивости с глубиной (V – от 10,7 до 32,6%), не демонстрируя четкой тенденции к росту или убыванию. Коэффициенты

вариации для Cu и Zn выше, чем для Mn и Ni, что указывает на большую изменчивость их содержания в профиле (табл.18, рис. 23).

Таблица 18 – Статистические показатели специфически сорбированных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном целины (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	4,60±0,50	4,60	4,10	5,10	0,71	15,4
Mn	80,35±5,15	80,35	75,20	85,50	7,28	9,1
Zn	0,66±0,05	0,66	0,61	0,71	0,07	10,7
Ni	2,85±0,15	2,85	2,70	3,00	0,21	7,4
20-40 см						
Cu	4,30±0,40	4,30	3,90	4,70	0,57	13,2
Mn	76,95±2,85	76,95	74,10	79,80	4,03	5,2
Zn	0,62±0,07	0,62	0,55	0,68	0,09	14,9
Ni	2,40±0,12	2,41	2,30	2,62	0,09	6,8
40-60 см						
Cu	4,15±0,35	4,15	3,80	4,50	0,49	11,9
Mn	70,90±2,0	70,90	68,90	72,90	2,83	4,0
Zn	0,52±0,11	0,52	0,41	0,62	0,15	28,8
Ni	2,25±0,05	2,25	2,20	2,30	0,07	3,1
60-80 см						
Cu	4,05±0,45	4,05	3,60	4,50	0,64	15,7
Mn	71,25±1,75	71,25	69,50	73,00	2,47	3,5
Zn	0,52±0,13	0,52	0,39	0,64	0,18	34,3
Ni	2,40±0,10	2,40	2,30	2,50	0,14	5,9
80-100 см						
Cu	4,15±0,45	4,15	3,70	4,60	0,64	15,3
Mn	71,70±1,80	71,70	69,90	73,50	2,55	3,6
Zn	0,52±0,12	0,52	0,40	0,64	0,17	32,6
Ni	2,45±0,05	2,45	2,40	2,50	0,07	2,9

Для специфически сорбированных соединений микроэлементов характерно меньшее количество статистически достоверных различий между слоями, что указывает на их более равномерное распределение по почвенному профилю. Это может быть связано с особенностями их взаимодействия с почвенными компонентами и меньшей подвижностью (табл.16).

Корреляция между специфически сорбированными соединениями Cu, Mn, Zn, Ni и гумусом имеет слабую и умеренную силу связи: Cu ( $r = 0,10$ ), Mn ( $r = 0,61$ ), Zn ( $r = 0,10$ ), Ni ( $r = 0,40$ ). С количеством  $\text{CaCO}_3$  и реакцией почвенной среды также не обнаружено корреляционной зависимости выше 0,50.

Выявлена тенденция к снижению коэффициентов радиальной дифференциации для всех исследованных микроэлементов с глубиной почвенного профиля, что указывает на поверхностно-аккумулятивный тип распределения. Линии тренда, используемые для аппроксимации данных, подтверждают снижение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni, Fe с глубиной (рис.24).

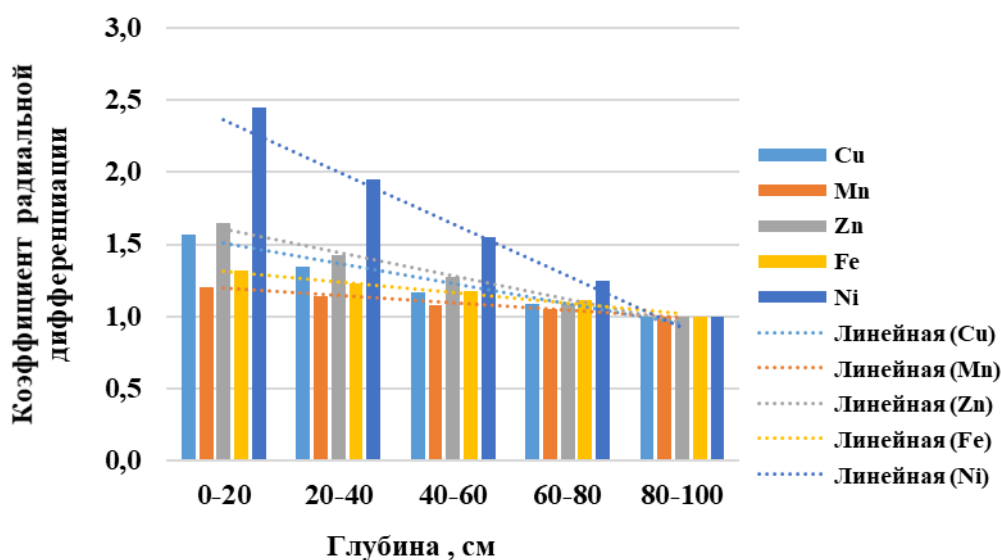


Рисунок 24 – Радиальная дифференциация непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni, Fe по профилю чернозема южного целины

### 3.3 Содержание и закономерности внутрипрофильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном в условиях ампелоценоза

Распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe и Ni по профилю черноземов характеризуется накоплением их в верхних горизонтах, что обусловлено как биогенной аккумуляцией исследуемых микроэлементов, так и их способностью образовывать труднорастворимые соединения в окислительной обстановке верхней толщи почв. В ранее проведенных исследованиях установлено, что при адсорбции микроэлементов как минералами, так и органическими компонентами в большинстве типов почв происходит их аккумуляция в поверхностных горизонтах (Горбунова, 2008; Rehm, Schmit, 2009; Kabata-Pendias, 2011; Минеев, 2017).

Внутрипрофильное распределение Cu, Mn, Zn, Fe, Ni при выращивании винограда характеризуется снижением их содержания по мере увеличения глубины. Максимальное валовое содержание Cu (62,9 мг/кг), Mn (792,3 мг/кг), Zn (94,3 мг/кг), Fe (39917,2 мг/кг) и Ni (61,5 мг/кг) отмечено в слое 0-20 см чернозема южного (рис.25).

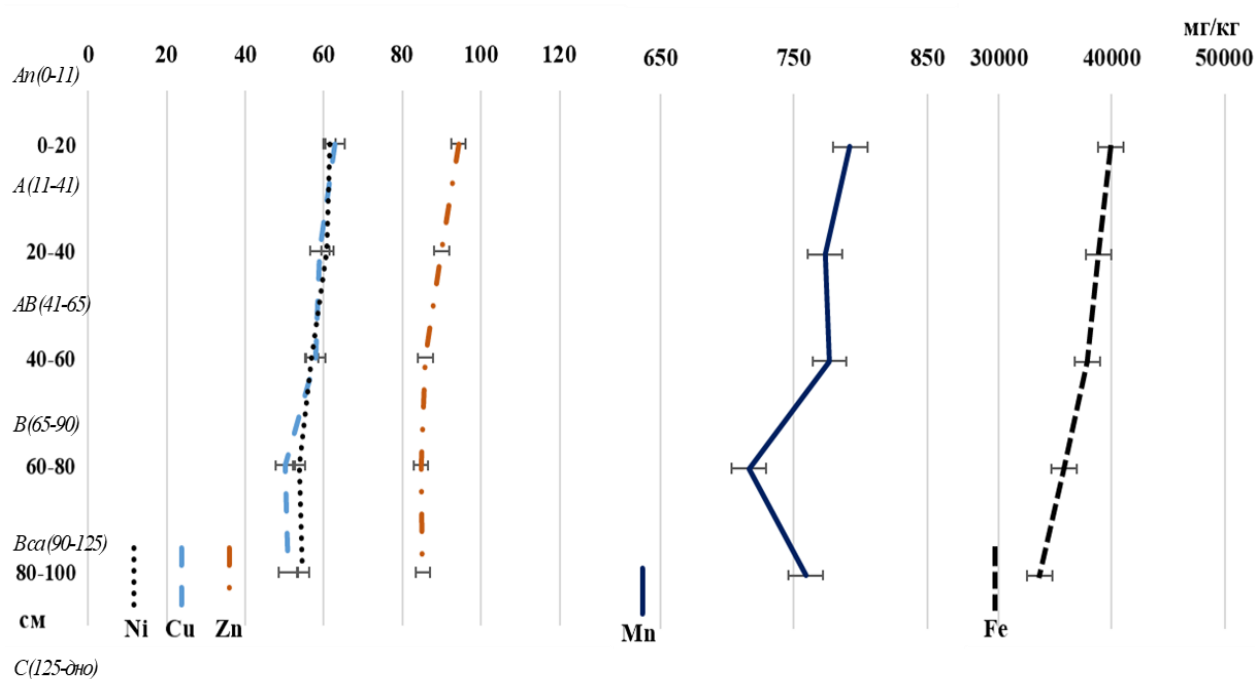


Рисунок 25 – Внутрипрофильное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза (n=24; 2019, 2022 гг.), мг/кг почвы

Содержание Cu достоверно различается в сравнениях слоев 0-20&20-40, 40-60&60-80, 0-20&80-100 с максимальным накоплением на глубине 0-20 см и минимальным в 80-100 см. В распределении Mn отмечено достоверное различие на глубинах 40-60&60-80 см. Концентрация Zn, Fe и Ni по профилю почвы достоверно не изменяется, лишь у Fe в сравнении 0-20&80-100 см обнаружено достоверное снижение (рис.25, табл.19).

Таблица 19 – Сравнительный анализ между слоями по валовому содержанию Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза (+ наличие достоверных различий; -отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
0-20 & 20-40	+	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	-	-	-	-
40-60 & 60-80	+	+	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	-	-	+	-

Содержание изученных элементов находится в пределах значений, отмеченных в работах других исследователей. По данным К. Даду, Г. Григель (2018) валовое содержание Cu в пахотном горизонте чернозёмов в условиях ампелоценоза находится в пределах от 13,5 до 46,6 мг/кг, порой достигая 56,0 мг/кг. Содержание Mn в слое 0-40 см, где сконцентрирована основная масса корневой системы винограда, колеблется от 650,0 до 900,0 мг/кг. Количество Zn в ампелоценозах находится в диапазоне от 50,0 до 100,0 мг/кг. Согласно Н.В. Прохоровой, Н.М. Матвееву (2000), А.Х. Шеуджену (2015) содержание валового Fe в черноземах лежит в широких пределах от 3900 до 40000 мг/кг. По данным С.В. Лукина (2011), И. В. Казанцева, Т. Б. Матвеевой (2016) содержание Ni составляет 25-70 мг/кг.

Тип профильного распределения валового содержания Cu, Mn, Zn, Ni, Fe характеризуется как поверхностно-аккумулятивный (рис.26). Коэффициенты детерминации свидетельствует об адекватном описании явления ( $0,75 \leq R^2 < 0,95$ ).

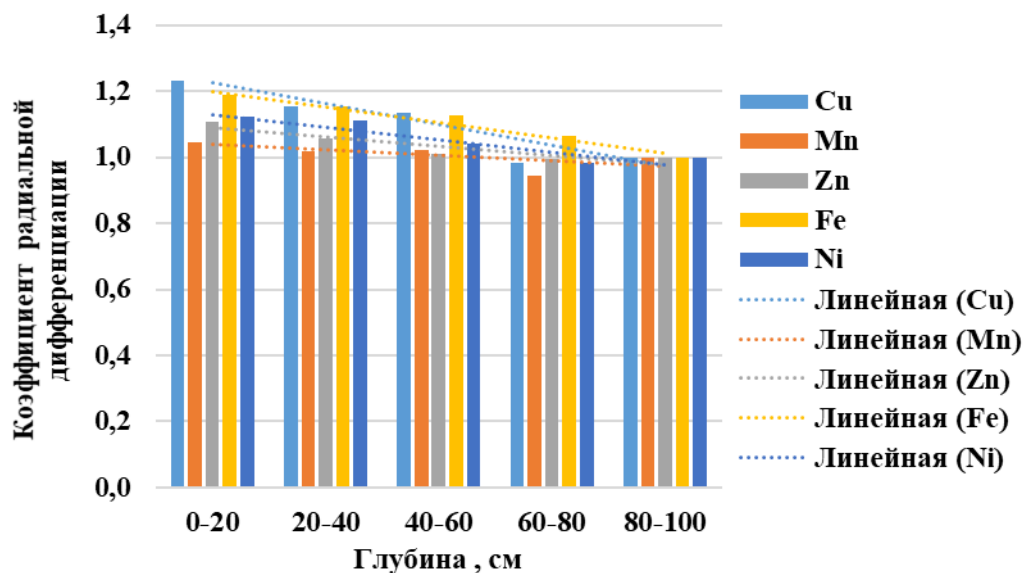


Рисунок 26 – Радиальная дифференциация валового содержания Cu, Mn, Zn, Ni, Fe по профилю чернозема южного в условиях ампелоценоза

Распределение валового содержания микроэлементов в черноземах Ростовской области находится под постоянным влиянием динамических процессов миграции карбонатов и аккумуляции гумуса (Минкина и др., 2009; Бауэр и др., 2015). Гумус в значительной степени способствует возможности почвы поглощать и удерживать питательные вещества, в том числе такие микроэлементы, как Zn, Cu и Mn (Degtyarjov, Chekar, 2020). Положительная корреляция наблюдается между валовым содержанием элементов и количеством гумуса: Cu ( $r=0,90$ ), Mn ( $r=0,77$ ), Zn ( $r=0,71$ ), Fe ( $r=0,96$ ), Ni ( $r=0,82$ ). Вследствие высокой гумусированности миграционная способность исследуемых элементов в почвенном профиле ограничена.

Прочносвязанные соединения исследуемых микроэлементов, как и в черноземе целинных участков, представляют значительную часть от их валового содержания: Cu - 90,0 %, Mn – 80,0 %, Zn – 98,0 %, Ni – 99,0 % (от 0-20 до 80-

100 см), в то время как непрочносвязанные составляет всего 2,0-20,0 %. Коэффициент подвижности Cu, Mn, Zn, Ni в гумусо-аккумулятивном слое чернозема южного невелик и варьируется от 0,01-0,02 (Ni, Zn) до 0,11-0,25 (Cu, Mn). Доля обменных, комплексных и специфически сорбированных соединений от общего содержания непрочносвязанных соединений составляет соответственно 4,0-6,0 %; 12,0-13,0 %; 81,0-83,0 % для Cu; 13,0-15,0 %; 29,0-31,0 %; 54,0-57,0 % - Mn; 19,0-24,0 %; 28,0-29,0 %; 47,0-52,0 % - Zn; 10,0-15,0 %; 23,0-28,0 %; 57,0-67,0 % - Ni (рис.27).

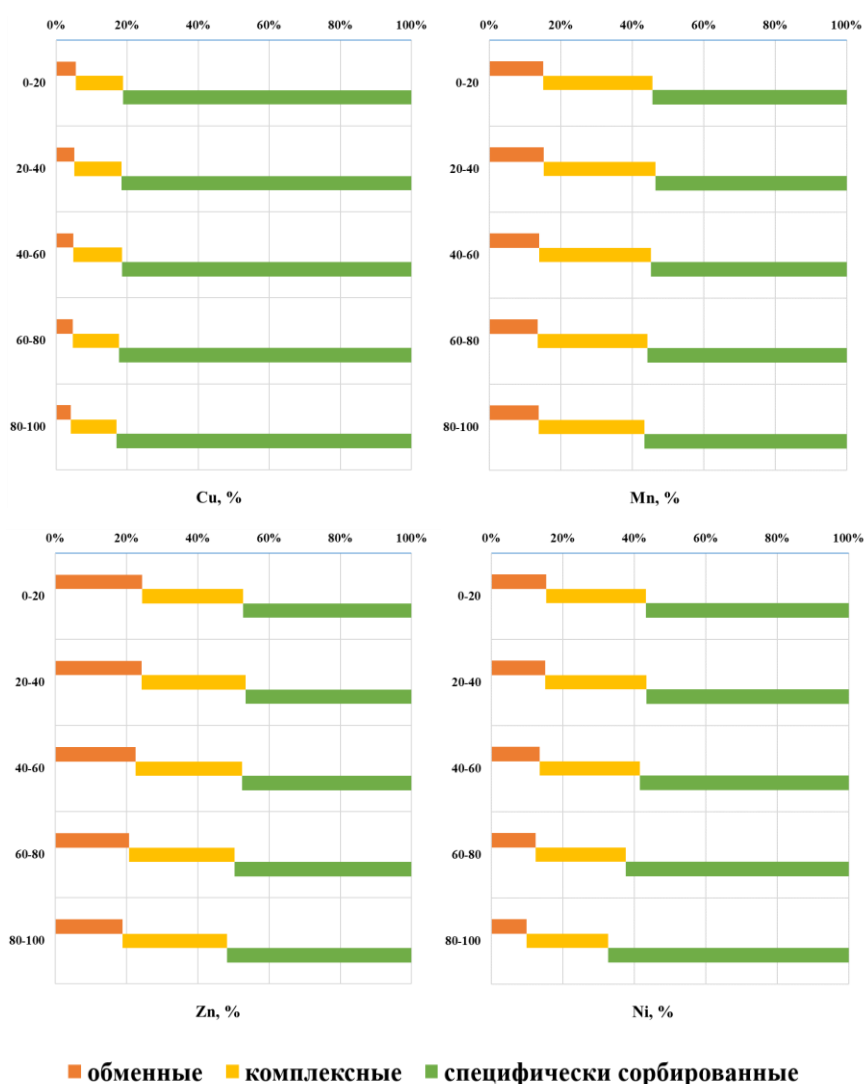


Рисунок 27 – Процентное соотношение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном амелоценоза

В верхнем горизонте чернозема южного наблюдается не только биогенная аккумуляция общего содержания микроэлементов, но и их непрочносвязанных соединений. Тенденция снижения среднего содержания обменных соединений микроэлементов вниз по почвенному профилю, установленная в черноземе южном целины, прослеживается и в ампелоценозе.

Содержание обменных соединений в слое 0-20 см характеризуется наибольшим средним значением: Cu (0,34 мг/кг), Mn (22,7 мг/кг), Zn (0,40 мг/кг), Fe (0,67 мг/кг), Ni (0,09 мг/кг). С глубиной наблюдается достоверное снижение их содержания с 0-20 см до 80-100 см: у Cu на 32,0 %, Mn–15,0 %, Zn –35,0 %, Fe–18,0 %, Ni–56,0 %. Коэффициенты вариации для Cu и Mn остаются довольно низкими, что свидетельствует об относительно стабильном и однородном их распределении по профилю чернозема южного. Относительно высокая изменчивость выявлена для Zn (21,7-24,4 %). Для Ni коэффициент вариации увеличивается с глубиной, достигая 40,9% в слое 80-100 см, что свидетельствует о высокой неоднородности в нижних горизонтах. Выявлена крайняя неоднородность в распределении Fe в черноземе южном (V – 47,4-54,0 %) (табл.20).

Таблица 20 – Статистические показатели обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза (n=48; 2019, 2022-2024 гг.)

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	0,34±0,01	0,34	0,27	0,40	0,04	11,3
Mn	22,7±0,7	22,80	19,50	27,00	2,79	12,3
Zn	0,40±0,02	0,39	0,26	0,55	0,09	23,8
Fe	0,67±0,08	0,62	0,18	1,20	0,32	47,7
Ni	0,09±0,001	0,09	0,05	0,12	0,02	20,7
20-40 см						
Cu	0,29±0,01	0,30	0,23	0,35	0,04	12,2
Mn	22,2±0,78	22,20	18,40	27,00	3,11	14,0

Продолжение таблицы 20

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
Zn	0,38±0,02	0,37	0,26	0,51	0,08	21,7
Fe	0,60±0,08	0,57	0,27	1,01	0,31	52,1
Ni	0,07±0,01	0,08	0,04	0,11	0,02	29,0
40-60 см						
Cu	0,27±0,01	0,26	0,19	0,34	0,04	16,7
Mn	19,7±0,62	18,80	16,50	24,30	2,49	12,7
Zn	0,33±0,02	0,33	0,23	0,44	0,08	22,8
Fe	0,57±0,08	0,53	0,25	0,97	0,31	54,0
Ni	0,06±0,004	0,06	0,04	0,09	0,02	26,8
60-80 см						
Cu	0,26±0,01	0,24	0,19	0,32	0,04	17,3
Mn	19,06±0,61	18,10	16,90	24,10	2,42	12,7
Zn	0,30±0,02	0,30	0,19	0,40	0,07	23,6
Fe	0,55±0,06	0,55	0,26	1,00	0,26	47,4
Ni	0,05±0,003	0,05	0,03	0,08 <del>6</del>	0,01	25,6
80-100 см						
Cu	0,23±0,01	0,23	0,18	0,31	0,04	16,5
Mn	19,21±0,50	18,80	16,90	23,70	2,02	10,5
Zn	0,26±0,02	0,26	0,18	0,35	0,06	24,4
Fe	0,59±0,07	0,46	0,25	1,01	0,29	49,7
Ni	0,04±0,004	0,04	0,01	0,07	0,02	40,9

Таким образом, содержание обменной Cu снижается вниз по профилю (с 0-20 до 80-100 см) на 32,0 % – с 0,34 до 0,23 мг/кг, Mn – на 15,0 % с 22,7 до 19,2 мг/кг, Zn – на 35,0% с 0,40 до 0,26 мг/кг, Fe – на 12,0 % с 0,67 до 0,59 мг/кг, Ni – на 55,6 % с 0,09 до 0,04 мг/кг (рис.28).

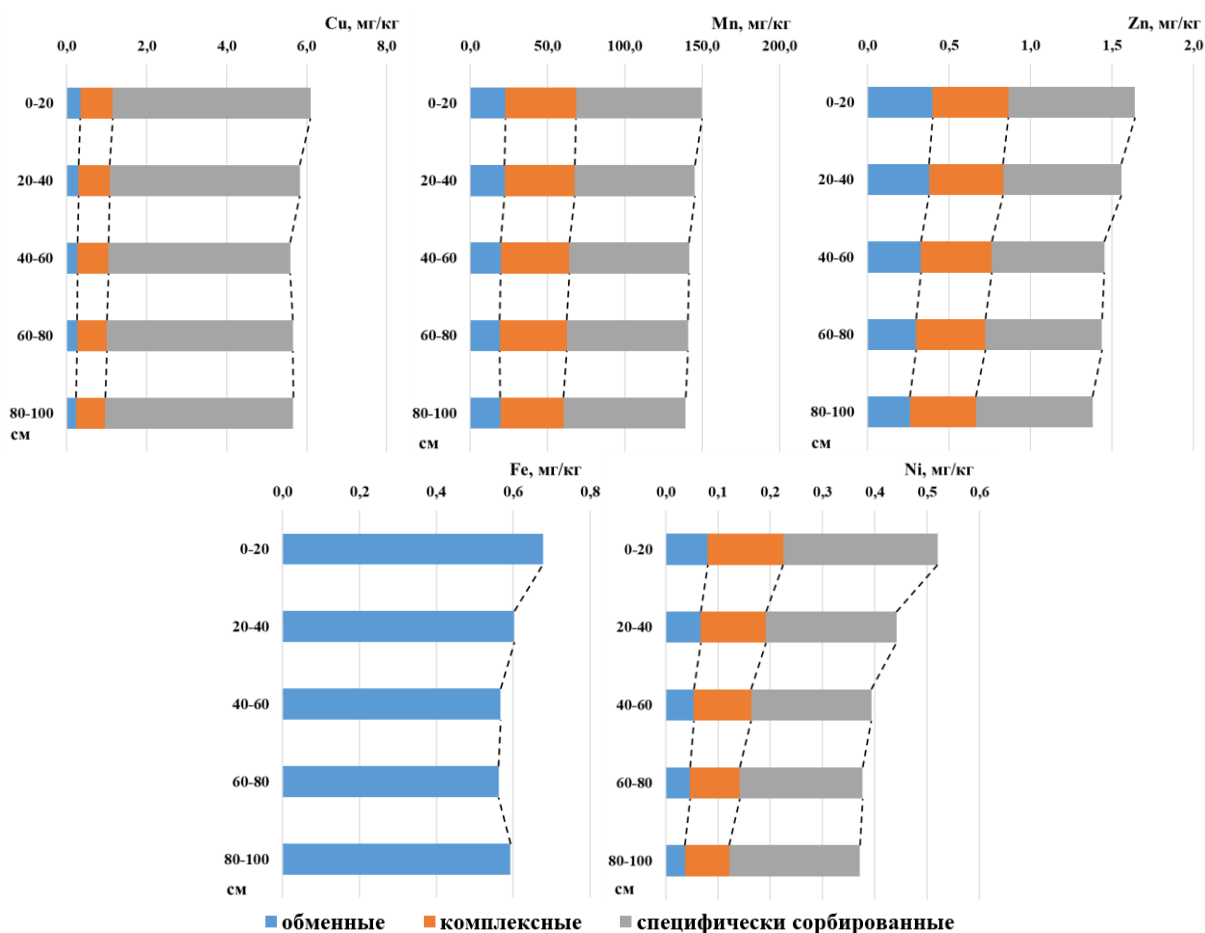


Рисунок 28 – Внутрипрофильное распределение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза (2019,2022-2024), мг/кг почвы

Полученные значения Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном согласуются с ранее проведенными исследованиями В.В. Акимцева (1962), М.Н. Хорошкина (1971), И.В. Давыдова (2008) на черноземах Ростовской области. Подобная ситуация в распределении отмечена и для комплексных соединений, но у специфически сорбированных на глубине 80–100 см обнаруживается тенденция к росту. Полученные данные подтверждаются исследованиями Н.С. Горбуновой (2005) черноземов Центрально-Черноземного региона, И.В. Давыдовым (2008) при изучении черноземов обыкновенных и южных, а также Д.В. Жуйковым (2019, 2021) при мониторинге содержания микроэлементов в черноземе обыкновенном. Значения коэффициента детерминации для непрочносвязанных

соединений меди ( $R^2 = 0,90$ ), марганца ( $R^2 = 0,93$ ), цинка ( $R^2 = 0,82$ ), никеля ( $R^2 = 0,92$ ) и железа ( $R^2 = 0,77$ ) свидетельствуют о том, что модель в целом адекватно описывает явление.

Содержание обменной меди достоверно различается в сравнении 0-20&20-40 и 0-20&80-100 см с максимальным накоплением в слое 0-20 см. Обменный Mn достоверно уменьшается в слое 40-60 см. В паре сравнения 0-20&80-100 см для Mn, Zn, Ni наблюдается достоверное снижение их содержания по профилю чернозема южного (табл.21).

Таблица 21 – Сравнительный анализ между слоями по содержанию непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза (+ наличие достоверных различий; - отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
Обменные					
0-20 & 20-40	+	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	+	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	+	+	+	-	+
Комплексные					
0-20 & 20-40	-	-	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	+	+	-		+
Специфически сорбированные					
0-20 & 20-40	-	+	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	-	-	-		-

Установлена заметная корреляционная зависимость между содержанием обменных соединений Cu ( $r=0,66$ ), Ni ( $r=0,70$ ) и гумуса, а для Mn ( $r=0,54$ ), Zn ( $r=0,42$ ) - связь умеренной силы. Для обменного Fe корреляционная зависимость не установлена.

Наличие карбонатов в почве способствует аккумуляции микроэлементов в малоподвижных формах, характеризующихся низкой растворимостью и, как следствие, ограниченной доступностью для растений. Данное явление подтверждается выявленной обратной корреляционной зависимостью между содержанием обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni и количеством  $\text{CaCO}_3$ : для Cu ( $r = - 0,73$ ), Mn ( $r = - 0,50$ ), Zn ( $r = - 0,60$ ), Ni ( $r = - 0,72$ ). Для Fe связи не установлено ( $r = - 0,04$ ). Наблюдаемые зависимости согласуются с результатами других исследований и могут быть объяснены процессами адсорбции, осаждения и взаимодействия между элементами. Так, Д.В. Жуйков в своих работах (2019, 2020) связывает переход микроэлементов в труднодоступные для растений формы с высокой окарбоначенностью черноземов. Т.М. Минкина (2008) утверждает, что подвижность Cu и Zn обусловлена преимущественно соединениями металлов, удерживаемых карбонатами.

Для комплексных соединений Cu и Mn в слое 0-20 см отмечены самые высокие средние значения, при умеренном содержании Zn и Ni. Коэффициенты вариации для всех элементов относительно невелики (особенно для Cu и Mn), что указывает на относительно стабильное распределение в слое 0-20 см. На глубине 20-40 см содержание Cu и Mn немного снижается по сравнению с верхним слоем, а Zn и Ni практически не меняется. Увеличение изменчивости с глубиной подтверждается возрастающими коэффициентами вариации, особенно у Zn и Ni (табл.22, рис.28).

Таблица 22 – Статистические показатели комплексных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном ампелоценоза (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	0,81±0,10	0,80	0,77	0,85	0,03	3,3
Mn	45,66±0,70	46,30	43,00	48,20	1,97	4,3
Zn	0,46±0,02	0,46	0,40	0,57	0,06	13,5
Ni	0,14±0,004	0,15	0,12	0,16	0,01	8,3
20-40 см						
Cu	0,78±0,01	0,77	0,73	0,84	0,04	5,1
Mn	45,38±0,71	44,85	42,90	48,00	2,00	4,4
Zn	0,46±0,02	0,46	0,40	0,55	0,06	12,1
Ni	0,12±0,01	0,13	0,09	0,14	0,02	13,6
40-60 см						
Cu	0,77±0,01	0,77	0,75	0,80	0,02	2,3
Mn	44,44±0,51	44,45	42,00	46,90	1,45	3,3
Zn	0,43±0,02	0,44	0,36	0,50	0,06	13,4
Ni	0,11±0,01	0,11	0,08	0,14	0,02	20,6
60-80 см						
Cu	0,74±0,02	0,75	0,68	0,81	0,05	6,8
Mn	43,31±0,61	43,20	41,00	46,00	1,72	4,0
Zn	0,42±0,02	0,42	0,35	0,50	0,07	16,0
Ni	0,09±0,01	0,09	0,07	0,12	0,02	18,9
80-100 см						
Cu	0,73±0,01	0,74	0,68	0,77	0,03	4,7
Mn	41,15±0,42	41,25	39,00	43,00	1,20	2,9
Zn	0,41±0,02	0,40	0,35	0,50	0,06	13,9
Ni	0,08±0,01	0,09	0,05	0,11	0,02	22,1

Для комплексных соединений Cu, Mn, Zn, Ni достоверных различий в распределении по почвенному профилю не обнаружено. Снижение с глубиной

для Cu, Mn, Ni статистически подтверждено в паре сравнения 0-20&80-100 см (табл.21).

Обнаружена умеренная (Zn  $r=0,50$ ) и заметная (Cu  $r=0,66$ ; Mn  $r=0,59$ ; Ni  $r=0,76$ ) положительная корреляционная зависимость с комплексными соединениями и содержанием гумуса, отрицательная с CaCO<sub>3</sub>: Cu ( $r = -0,75$ ), Mn ( $r = -0,56$ ), Zn ( $r = -0,56$ ), Ni ( $r = -0,69$ ). Найденные зависимости подтверждаются исследованиями Н.С. Горбуновой, Н.А. Протасовой (2008), И.В. Давыдова (2008), A.S. Jayara (2023).

В ходе анализа специфически сорбированных соединений Cu и Mn установлено, что их среднее содержание в основном стабильно на протяжении всего профиля, хотя наблюдается незначительное их увеличение в слоях 60-80 и 80-100 см. Содержание Zn и Ni демонстрирует меньшую стабильность, особенно в слоях 20-40 см и 40-60 см, что отражается в увеличении коэффициента вариации. Это может указывать на большую чувствительность этих элементов к изменению условий (например, pH, содержание гумуса) в этих слоях (табл. 23, рис. 28).

Таблица 23 – Статистические показатели специфически сорбированных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном ампелоценоза (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	4,94±0,19	4,90	4,10	6,00	0,53	10,7
Mn	81,38±0,85	81,80	78,40	84,90	2,41	3,0
Zn	0,77±0,05	0,78	0,62	0,92	0,15	19,2
Ni	0,30±0,02	0,30	0,22	0,37	0,06	19,8
20-40 см						
Cu	4,75±0,03	4,75	4,60	4,90	0,09	1,9
Mn	77,85±0,37	78,00	76,20	79,70	1,05	1,3
Zn	0,73±0,05	0,73	0,57	0,89	0,16	21,4

Продолжение таблицы 23

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V,%
Ni	0,25±0,02	0,25	0,18	0,32	0,06	26,3
40-60 см						
Cu	4,56±0,05	4,60	4,40	4,80	0,13	2,9
Mn	77,30±0,35	77,25	75,90	78,70	1,00	1,3
Zn	0,69±0,06	0,69	0,51	0,86	0,17	24,5
Ni	0,23±0,02	0,23	0,17	0,29	0,06	24,7
60-80 см						
Cu	4,66±0,03	4,65	4,60	4,80	0,07	1,6
Mn	78,44±0,59	78,40	76,20	81,50	1,66	2,1
Zn	0,72±0,05	0,72	0,56	0,87	0,16	21,7
Ni	0,23±0,02	0,23	0,17	0,29	0,05	22,6
80-100 см						
Cu	4,71±0,04	4,70	4,60	4,90	0,11	2,4
Mn	79,11±0,73	79,25	76,00	82,00	2,08	2,6
Zn	0,72±0,05	0,72	0,56	0,87	0,16	21,7
Ni	0,25±0,01	0,25	0,20	0,30	0,04	16,1

Для специфически сорбированных соединений Cu, Zn, Ni статистически подтвержденных различий в распределении не обнаружено, лишь Mn достоверно снижается в сравнении 0-20 & 20-40 см (табл.21).

Обнаружена умеренная корреляционная зависимость между Zn ( $r = -0,50$ ), Ni ( $r = -0,44$ ) и количеством карбонатов. Для Cu и Mn существенной связи не обнаружено.

Коэффициенты радиальной дифференциации указывают на постепенное снижение содержания непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni вниз по профилю чернозема южного, что соответствует аккумулятивному типу профильного распределения (рис. 29).

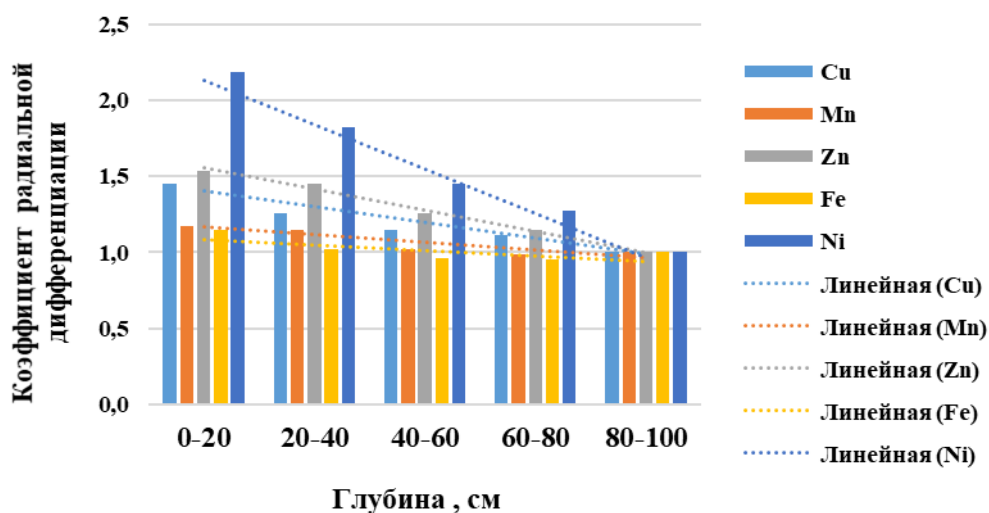


Рисунок 29 – Радиальная дифференциация непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, по профилю чернозема южного ампелоценоза

Прочносвязанные соединения исследуемых микроэлементов, как и в черноземе целинных участков, представляют значительную часть от их валового содержания: Cu - 90,0 %, Mn – 80,0 %, Zn – 98,0 %, Ni – 99,0 % (от 0-20 до 80-100 см), в то время как непрочносвязанные составляет всего 2,0-20,0 %. Коэффициент подвижности Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в гумусо-аккумулятивном слое почвы ампелоценоза невелик и варьируется от 0,01-0,02 (Ni, Zn) до 0,11-0,25 (Cu, Mn). Вследствие высокого содержания гумуса и карбонатов, а также щелочной реакции почвенного раствора и преобладания тяжёлых фракций в гранулометрическом составе, в черноземе южном отмечается снижение подвижности микроэлементов (Протасова, Щербаков, 2004; Кучеренко и др., 2021).

Таким образом, внутривертикальное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном ампелоценоза, как и целины, характеризуется их накоплением в гумусово-аккумулятивном горизонте и снижением по мере уменьшения количества гумуса, изменения реакции почвенной среды и увеличения концентрации карбонатов. Валовое содержание Mn в слое 0-20 см для ампелоценоза значительно выше (792,3 мг/кг) по

сравнению с целиной. Содержание Cu в слое 0-20 см для ампелоценоза чуть ниже (62,9 мг/кг) ампелоценоза (68,3 мг/кг). Содержание Zn, Fe и Ni незначительно изменяется в целине, в ампелоценозе - достоверных изменений не найдено. Ряд накопления микроэлементов выглядит следующим образом:  $Mn > Zn > Ni > Cu$ .

В обоих ценозах выявлена положительная корреляция между валовым содержанием микроэлементов и содержанием гумуса.

Для ампелоценоза и целины характерно постепенное снижение содержания непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni с глубиной, что указывает на поверхностно-аккумулятивный тип распределения.

Содержание обменных Cu, Mn и Ni в слое 0-20 для целины выше, чем для ампелоценоза. Для Zn, Fe похожая тенденция, но изменения менее выражены. Для целины отмечается низкая изменчивость  $V < 10,0 \%$  комплексных соединений Cu, Zn и небольшое снижение по сравнению с горизонтом 0-20 см; для ампелоценоза –  $V < 25,0 \%$  для Zn и незначительное снижение по сравнению с горизонтом 0-20 см.

Выявлена умеренная и заметная корреляционная зависимость между обменными, комплексными соединениями микроэлементов (Cu, Mn, Zn, Ni), содержанием гумуса, количеством карбонатов и реакций почвенной среды.

### **3.4 Содержание и закономерности внутрипрофильного распределения микроэлементов и железа в черноземе южном в условиях садового агроценоза**

Установлено, что валовое содержание Cu и Mn в пахотном слое чернозема южного составляло 59,7 и 788,7 мг/кг соответственно (рис.30). Полученные данные соответствуют результатам других исследователей. По мнению N.H. Khan, M. Nafees (2017), J.T. Schoffer et al. (2022) установлено, что валовое содержание Cu в садовых агроценозах, как правило, значительно превышает таковое в почвах, не используемых под плодово-ягодные культуры. Диапазон концентраций Cu в садах составляет 47,0–54,0 мг/кг, в то время как под

полевыми культурами она находится в количестве 11,0–21,0 мг/кг. Более того, многолетнее антропогенное воздействие может приводить к дальнейшему повышению содержания Cu, достигающего, данным Schoffer et al. (2022), 225,0 мг/кг в отдельных регионах. Содержание Mn в почвах плодовых культур колеблется в широком диапазоне от 300,0 до 2000,0 мг/кг (Prundeanu et al., 2013; Khan et al., 2020).

Анализ профильного распределения валовой Cu показал постепенное снижение ее содержания с глубиной. Из-за склонности к адсорбции глинистыми минералами, карбонатами, органическим веществом и метацидоксидами Mn и Fe, она может накапливаться по всему профилю почвы (Logan et al. 1997). Вертикальное распределение Mn характеризуется плавным уменьшением его концентрации до уровня залегания карбонатов. Изменения количества Cu по профилю чернозема южного при выращивании черешни незначительные, что подтверждено непараметрическим критерием Вилкоксона для связанных выборок. В распределении Mn в сравнении 0-20 и 80-100 см обнаружено статистически достоверное снижение концентрации. Низкие значения коэффициента вариации указывают на относительно однородное распределение меди и марганца в каждом слое ( $V$  - от 3,0 до 5,0 %). Сообразно меди и марганцу Zn аккумулируется на глубине 0 – 40 см, снижаясь с глубиной до 80-100 см на 11,0%. Содержание Fe и Ni убывает на 18,0% и 11,0 % соответственно в сравнении 0-20 и 80-100 см (рис.30).

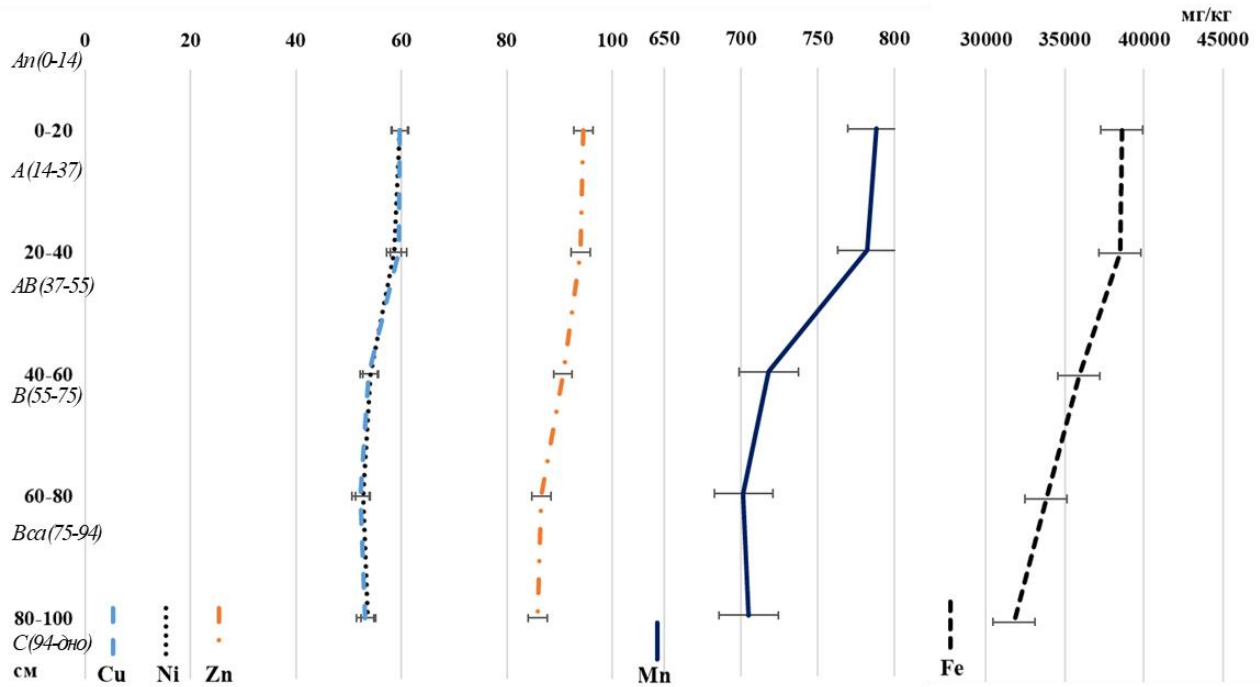


Рисунок 30 – Внутривертикальное распределение валового содержания Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза (n=24; 2019, 2022 гг.), мг/кг почвы

Снижение содержания Cu, Zn, Ni по профилю чернозема южного при выращивании черешни достоверно не различается. В распределении Mn и Fe в сравнении 0-20 & 80-100 см обнаружено статистически подтвержденное снижение концентрации (рис.30, табл.24).

Таблица 24 – Сравнительный анализ между слоями по валовому содержанию Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза (+ наличие достоверных различий; -отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
0-20 & 20-40	-	-	-	-	-
20-40 & 40-60	-	-	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	-	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	-
0-20 & 80-100	-	+	-	+	-

Согласно данным статистического анализа, коэффициент детерминации для валового никеля составляет 0,98, что указывает на высокую точность аппроксимации ( $R^2 \geq 0,95$ ); для меди  $R^2 = 0,94$ , для марганца  $R^2 = 0,88$ , для цинка  $R^2 = 0,91$ , для железа  $R^2 = 0,94$ , и говорит об адекватном описании явления ( $0,75 \leq R^2 < 0,95$ ).

Вниз по профилю почвы происходит постепенное снижение количества Cu, Mn, Zn, Fe и Ni аналогично распределению гумуса (рис.7,29). Положительная корреляция высокой силы наблюдается между валовыми Mn ( $r = 0,83$ ), Fe ( $r = 0,93$ ) и содержанием гумуса; для Cu ( $r = 0,50$ ), Zn ( $r = 0,62$ ), Ni ( $r = 0,61$ ) - заметная связь.

Тип профильного распределения - поверхностно-аккумулятивный при слабой степени контрастности (рис. 31).

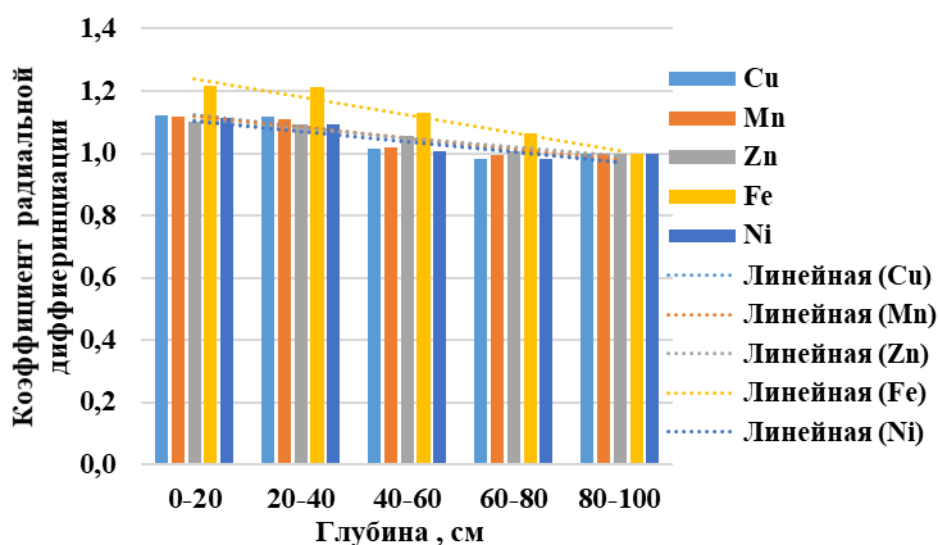


Рисунок 31 – Радиальная дифференциации валового содержания Cu, Mn, Zn, Ni, Fe по профилю чернозема южного садового агроценоза

Прочносвязанные соединения исследуемых микроэлементов, сообразно целине и ампелоценозу, представляют значительную часть от их валового содержания: Cu - 90,0 %, Mn – 83,0 %, Zn – 99,0 %, Ni – 99,0 % (от 0-20 до 80-

100 см). Коэффициент подвижности Cu, Mn, Zn, Ni в гумусо-аккумулятивном слое почвы невелик и варьируется от 0,01 (Ni, Zn) до 0,12–0,24 (Cu, Mn). Доля непрочносвязанных соединений рассматриваемых микроэлементов составляет всего 1,0-17,0%, что меньше чем в целине и других агроценозах. Обменные, комплексные и специфически сорбированные соединения от общего содержания непрочносвязанных составляет соответственно 4,0-5,0 %; 13,0-14,0 %; 81,0-83,0 % для Cu; 9,0-10,0 %; 34,0-35,0 %; 55,0-57,0 % - Mn; 3,0-8,0 %; 21,0-27,0 %; 64,0-76,0 % - Zn; 13,0-20,0 %; 19,0-22,0 %; 58,0-75,0 % - Ni (рис.32).



Рисунок 32 – Процентное соотношение непрочносвязанных Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном садового агроценоза

Наиболее надежной основой для научного расчета потребности возделываемых культур в микроудобрениях являются данные агрохимического обследования на содержание подвижных элементов питания, поскольку именно они являются доступными для растений. Содержание обменной Cu снижается вниз по профилю на 30,0% – с 0,30 до 0,20 мг/кг, Mn – на 14,7% с 13,6 до 11,6 мг/кг, Zn – на 75,0% с 0,08 до 0,02 мг/кг, Fe – на 16,1%, с 9,3 до 7,8 мг/кг, Ni – на 71,4% с 0,07 до 0,02 мг/кг (табл.25, рис.33).

Таблица 25 – Статистические показатели обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза (n=48; 2019, 2022-2024 гг.)

Микроэлемент	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	0,30±0,02	0,27	0,23	0,40	0,06	21,6
Mn	13,61±0,36	13,95	11,00	16,00	1,42	10,4
Zn	0,08±0,01	0,08	0,04	0,12	0,02	24,4
Fe	9,31±0,22	9,00	7,90	11,00	0,89	9,6
Ni	0,07±0,01	0,08	0,04	0,11	0,02	27,8
20-40 см						
Cu	0,26±0,02	0,24	0,17	0,38	0,07	28,1
Mn	13,14±0,35	13,10	11,00	16,00	1,41	10,8
Zn	0,06±0,004	0,06	0,03	0,09	0,02	32,0
Fe	8,48±0,26	8,40	7,00	11,00	1,03	12,2
Ni	0,06±0,004	0,06	0,03	0,09	0,02	27,8
40-60 см						
Cu	0,25±0,02	0,22	0,18	0,38	0,08	31,7
Mn	12,09±0,34	12,05	9,00	14,50	1,35	11,2
Zn	0,05±0,01	0,04	0,02	0,09	0,02	44,2
Fe	8,29±0,22	8,00	7,00	10,00	0,88	10,6
Ni	0,04±0,004	0,05	0,02	0,06	0,01	31,8
60-80 см						
Cu	0,23±0,02	0,20	0,16	0,35	0,07	30,5
Mn	12,17±0,44	12,35	9,00	15,00	1,74	14,3

## Продолжение таблицы 25

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
Zn	0,03±0,01	0,02	0,01	0,08	0,02	87,8
Fe	7,96±0,20	8,00	7,00	10,00	0,82	10,3
Ni	0,04±0,003	0,04	0,02	0,06	0,01	31,7
80-100 см						
Cu	0,20±0,02	0,18	0,13	0,32	0,07	32,4
Mn	11,56±0,38	12,00	9,00	14,00	1,51	13,1
Zn	0,02±0,004	0,02	0,01	0,06	0,02	69,3
Fe	7,76±0,19	8,00	6,60	9,00	0,76	9,8
Ni	0,02±0,001	0,02	0,01	0,03	0,01	44,2

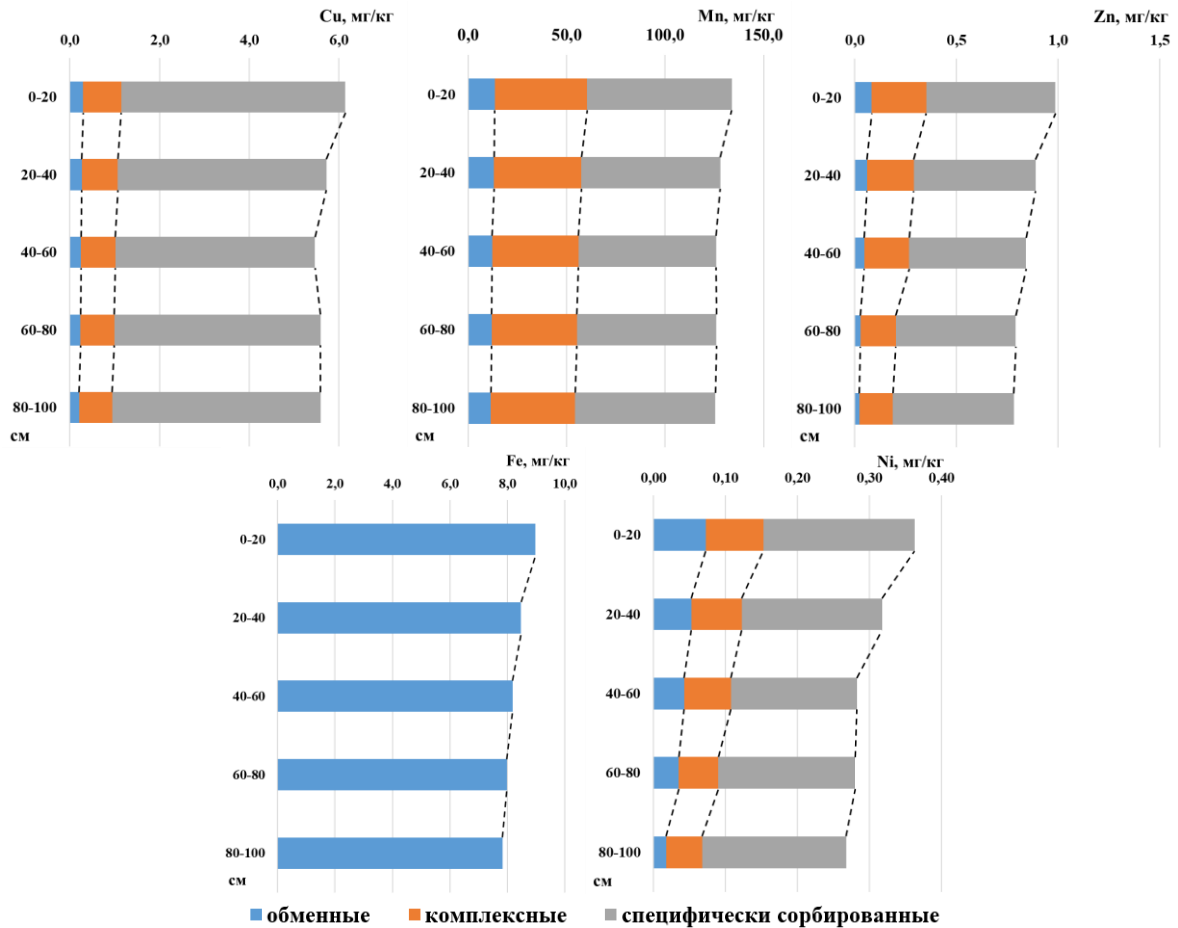


Рисунок 33 – Внутрипрофильное распределение непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза (2019,2022–2024), мг/кг почвы

Для всех обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза наблюдается общая тенденция к снижению содержания от 0-20 до 80-100 см (табл.25, рис.33).

Значимые различия в распределении по профилю чернозема обнаружены для Zn и Ni в паре сравнения 0-20&20-40 см, а также в 40-60&60-80 см для Zn и в паре 60-80&80-100 см для Ni. Статистически подтверждено снижение содержания Cu, Mn, Zn, Ni с 0-20 до 80-100 см (табл. 26).

Таблица 26 – Сравнительный анализ между слоями по содержанию непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni в черноземе южном садового агроценоза (+ наличие достоверных различий; -отсутствие достоверных различий)

Пара сравнения, см	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni
Обменные					
0-20 & 20-40	-	-	+	-	+
20-40 & 40-60	-	-	-	-	-
40-60 & 60-80	-	-	+	-	-
60-80 & 80-100	-	-	-	-	+
0-20 & 80-100	+	+	+	-	+
Комплексные					
0-20 & 20-40	-	-	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	-	-	+		-
Специфически сорбированные					
0-20 & 20-40	-	+	-		-
20-40 & 40-60	-	-	-		-
40-60 & 60-80	-	-	-		-
60-80 & 80-100	-	-	-		-
0-20 & 80-100	-	-	-		-

Умеренная и заметная корреляционная связь отмечается между обменными соединениями микроэлементов и содержанием гумуса: Cu ( $r=0,55$ ), Mn ( $r=0,50$ ), Zn ( $r=0,78$ ), Ni ( $r=0,83$ ), а также значением pH: Cu ( $r=-0,47$ ), Mn ( $r=-0,56$ ), Zn ( $r=-0,64$ ), Ni ( $r=-0,66$ ). Растворимость и, как следствие, доступность микроэлементов для растений в почве тесно связаны с pH. В условиях щелочной реакции происходит образование малорастворимых соединений, таких как гидроксиды, карбонаты и фосфаты, что переводит их в недоступные для поглощения растениями формы (Kabata-Pendias, 2011; Barman et al., 2013; Šahinović et al., 2018; Rahman et al., 2020).

Карбонаты способствуют накоплению микроэлементов в форме, которая трудно растворяется и малодоступна для растений. Это подтверждает обнаруженная обратная корреляционная связь между обменными микроэлементами и количеством карбонатов: Cu ( $r=-0,52$ ), Zn ( $r=-0,79$ ), Ni ( $r=-0,84$ ).

Для комплексных соединений Cu, Mn, Zn, Ni наблюдается тенденция к их уменьшению с увеличением глубины. Содержание обменной Cu снижается вниз по профилю на 13,0% – с 0,85 до 0,74 мг/кг, Mn – на 8,0% с 46,7 до 42,8 мг/кг, Zn – на 37,0% с 0,27 до 0,17 мг/кг, Ni – на 38,0% с 0,08 до 0,05 мг/кг. В целом, изменчивость распределения Cu, Mn и Zn умеренная, особенно в нижних слоях, что говорит о достаточно равномерном распределении этих элементов в почвенном профиле. Ni демонстрирует самую высокую изменчивость, особенно на глубине 60-80 и 80-100 см. Это может указывать на его более сложную геохимию в почве, включая процессы адсорбции, десорбции и образования различных соединений (табл.27, рис.33).

Таблица 27 – Статистические показатели комплексных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном садового агроценоза (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	0,85±0,10	0,78	0,70	0,98	0,28	30,0
Mn	46,70±1,56	46,50	42,00	52,00	4,41	9,4
Zn	0,27±0,02	0,27	0,20	0,34	0,06	24,2
Ni	0,08±0,004	0,08	0,06	0,10	0,01	15,3
20-40 см						
Cu	0,81±0,10	0,83	0,74	0,92	0,27	29,4
Mn	44,19±1,75	44,50	38,80	50,00	4,96	11,2
Zn	0,23±0,02	0,23	0,18	0,28	0,04	19,2
Ni	0,07±0,01	0,07	0,04	0,10	0,02	30,4
40-60 см						
Cu	0,77±0,04	0,75	0,60	0,90	0,12	15,7
Mn	43,89±2,21	43,90	37,00	50,50	6,26	14,3
Zn	0,22±0,01	0,22	0,18	0,26	0,03	15,3
Ni	0,07±0,001	0,07	0,04	0,09	0,02	25,4
60-80 см						
Cu	0,76±0,03	0,75	0,68	0,90	0,09	11,6
Mn	42,30±1,90	43,00	37,00	49,00	5,37	12,5
Zn	0,18±0,003	0,17	0,16	0,19	0,01	6,0
Ni	0,06±0,01	0,06	0,03	0,09	0,02	35,7
80-100 см						
Cu	0,74±0,002	0,75	0,67	0,82	0,07	8,8
Mn	42,80±1,79	43,00	36,70	48,00	5,05	11,8
Zn	0,17±0,004	0,17	0,15	0,18	0,01	7,2
Ni	0,05±0,01	0,05	0,03	0,08	0,02	33,4

Содержание комплексных соединений микроэлементов относительно стабильно между слоями. Установлено отсутствие значимых различий для всех микроэлементов во всех парах сравнения, лишь для Zn статистически

подтверждено различие в его содержании на глубинах 0-20 и 80-100 см (табл. 26).

С комплексными соединениями Mn ( $r=0,50$ ), Zn ( $r=0,85$ ), Ni ( $r=0,40$ ) и содержанием гумуса обнаружена умеренная и заметная корреляционная зависимость. Между соединениями Mn, Zn и  $\text{CaCO}_3$  установлена отрицательная корреляционная зависимость: Mn ( $r = -0,56$ ), Zn ( $r = -0,87$ ).

В садовом агроценозе специфически сорбированные соединения Cu, Mn, Ni распределены относительно равномерно, при этом Zn демонстрирует высокую неоднородность распределения. Для Cu и Ni наблюдается общая тенденция к снижению коэффициента вариации с глубиной, что указывает на более равномерное распределение в нижних горизонтах почвы. Это может быть связано с вымыванием этих элементов из верхних слоев и их последующей сорбцией в нижних горизонтах. Очень низкую изменчивость (около 2,0-3,0% во всех слоях) демонстрирует Mn, что говорит об очень равномерном распределении этого элемента в почвенном профиле. Zn выделяется на фоне остальных микроэлементов высокой изменчивостью (около 40,0% во всех слоях) (табл.28, рис.33).

Таблица 28 – Статистические показатели специфически сорбированных соединений Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном садового агроценоза (n=24; 2023-2024 гг.)

Микроэлемент	$\bar{x} \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V, %
0-20 см						
Cu	4,88±0,30	4,95	4,00	6,00	0,84	17,2
Mn	73,34±0,70	73,25	70,80	76,00	1,99	2,7
Zn	0,64±0,09	0,64	0,38	0,89	0,26	41,4
Ni	0,21±0,01	0,21	0,17	0,25	0,04	17,1
20-40 см						
Cu	4,65±0,11	4,75	4,00	5,00	0,32	6,8
Mn	70,40±0,37	70,00	69,00	72,00	1,05	1,5

Продолжение таблицы 28

Микроэлемент	$x \pm se$	Me	min	max	$\sigma$	V,%
Zn	0,60±0,08	0,60	0,37	0,83	0,24	39,5
Ni	0,19±0,01	0,20	0,16	0,23	0,03	14,6
40-60 см						
Cu	4,43±0,06	4,40	4,20	4,70	0,17	3,8
Mn	69,93±0,67	70,00	67,00	72,00	1,89	2,7
Zn	0,59±0,09	0,57	0,35	0,90	0,25	41,9
Ni	0,18±0,005	0,18	0,16	0,20	0,01	7,6
60-80 см						
Cu	4,61±0,08	4,60	4,30	4,90	0,22	4,7
Mn	70,61±0,62	70,50	68,00	73,00	1,77	2,5
Zn	0,59±0,08	0,59	0,36	0,82	0,23	39,4
Ni	0,19±0,005	0,19	0,17	0,21	0,01	7,4
80-100 см						
Cu	4,71±0,12	4,80	4,00	5,00	0,33	7,0
Mn	70,94±0,74	71,00	68,00	74,00	2,08	2,9
Zn	0,60±0,09	0,60	0,36	0,83	0,24	40,8
Ni	0,20±0,004	0,20	0,18	0,22	0,01	6,3

В паре сравнения 0-20&20-40 см статистически подтверждено снижение содержания специфически сорбированного Mn. Для Cu, Zn, Ni значимых различий не установлено (табл.26).

Обнаружена умеренная корреляционная зависимость между Zn ( $r = -0,44$ ), Mn ( $r = -0,48$ ) и количеством карбонатов. Для Cu и Ni зависимости не обнаружено.

Коэффициенты радиальной дифференциации указывают на постепенное снижение содержания непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni вниз по профилю чернозема южного, что соответствует аккумулятивному типу профильного распределения (рис.34).

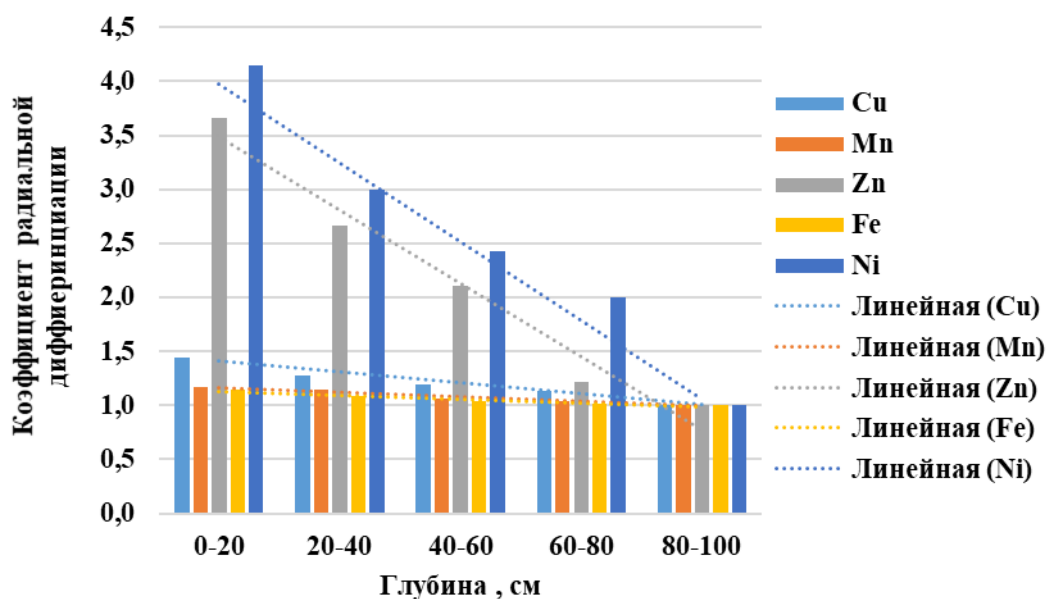


Рисунок 34 – Радиальная дифференциации непрочносвязанных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni по профилю чернозема южного садового агроценоза

Сравнение внутривертикального распределения общего содержания Cu, Mn, Zn, Fe и Ni в черноземе южном чистого пара, целины, садового агроценоза показало идентичность в накоплении их содержания в гумусово-аккумулятивном горизонте. Установленные коэффициенты радиальной дифференциации указали на аккумулятивный тип вертикального распределения микроэлементов.

В слое 0-20 см содержание обменных Cu, Mn, Zn и Ni значительно выше в целине, чем в садовом агроценозе. Снижение среднего содержания обменных Cu, Mn, Zn, Fe, Ni с глубиной характерно как для садового агроценоза, так и для целинных участков. Данная тенденция ожидаема, так как именно обменные соединения (наиболее подвижные) активно включаются в круговорот элементов, и, как правило, концентрируются в верхних горизонтах. Выявлены незначительные различия в распределении комплексных соединений для обоих ценозов. Это говорит о более равномерном распределении комплексных

соединений, что может быть следствием их меньшей подвижности по сравнению с обменными формами.

Содержание обменных соединений исследуемых элементов питания в гумусо-аккумулятивном горизонте чернозёма южного целины выше их количества в садовом агроценозе: медь на 83,0 %, марганец – 68,0 %, цинк – 75,0 %, железо – 21,0 %, никель – 96,0 %. Доля обменных соединений Cu, Mn, Zn, Fe, Ni от их общего содержания по профилю чернозема южного ампелоценоза ниже, чем в гумусовом горизонте целины в среднем на 62,0 %. Многолетний вынос микроэлементов при выращивании черешни является причиной более низкой обеспеченности микроэлементами чернозема южного в садовых агроценозах по сравнению с целинными участками. Это проявляется в меньших запасах подвижных соединений микроэлементов в метровом слое почвы.

### **3.5 Агроэкологическая оценка микроэлементного состава чернозема южного при выращивании винограда и черешни**

Черноземы южные, занимающие значительные площади в Ростовской области (35,0 %), являются одним из наиболее ценных почвенных ресурсов (Зональные системы земледелия..., 2022). Благодаря высокому естественному плодородию и благоприятным физико-химическим свойствам, они играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности региона. Однако, интенсивное сельскохозяйственное использование, особенно при различных системах земледелия, может оказывать существенное влияние на агроэкологическое состояние черноземов, изменяя их свойства и снижая устойчивость к деградационным процессам. В связи с этим, агроэкологическая оценка чернозема южного при различном сельскохозяйственном возделывании приобретает особую актуальность, поскольку позволяет выявить оптимальные параметры микроэлементного состава почв, обеспечивающие сохранение плодородия и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Ресурсный подход в оценке качества почв позволяет оценить запасы микроэлементов в метровой толще почвы в расчете на единицу площади (Корчагина и др., 2014). Ряд накопления запасов общего содержания микроэлементов в черноземе южном целины выглядит следующим образом:  $Mn > Zn > Cu > Ni$  (рис.35)

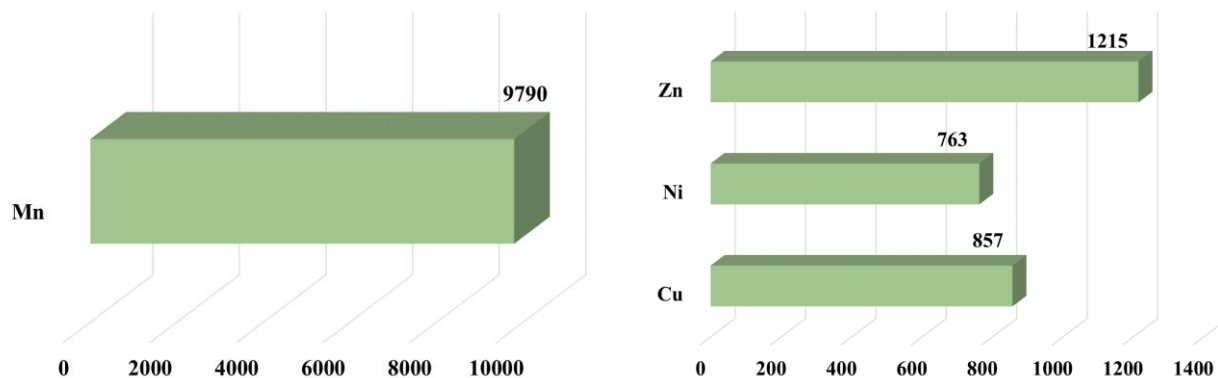


Рисунок 35 – Запасы валового содержания микроэлементов в черноземе южном целины (0–100 см), кг/га

В почве чистого пара иначе -  $Mn > Zn > Ni > Cu$  (рис.36). Запас Cu и Mn в слое 0–100 см чернозёма южного целины заметно больше, чем у чистого пара на 30,0 и 13,0% соответственно, а Zn незначительно меньше на 8,0 %.

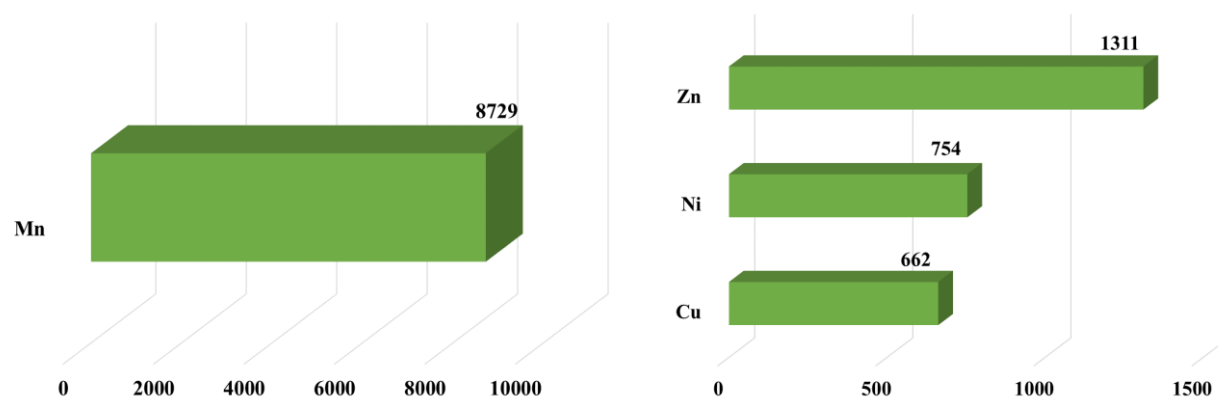


Рисунок 36 – Запасы валового содержания микроэлементов в черноземе южном чистого пара (0–100 см), кг/га

Ряд накопления непрочносвязанных соединений изучаемых элементов питания в черноземе южном целины: для обменных, комплексных и специфически сорбированных -  $Mn > Cu > Ni > Zn$  (рис. 37).

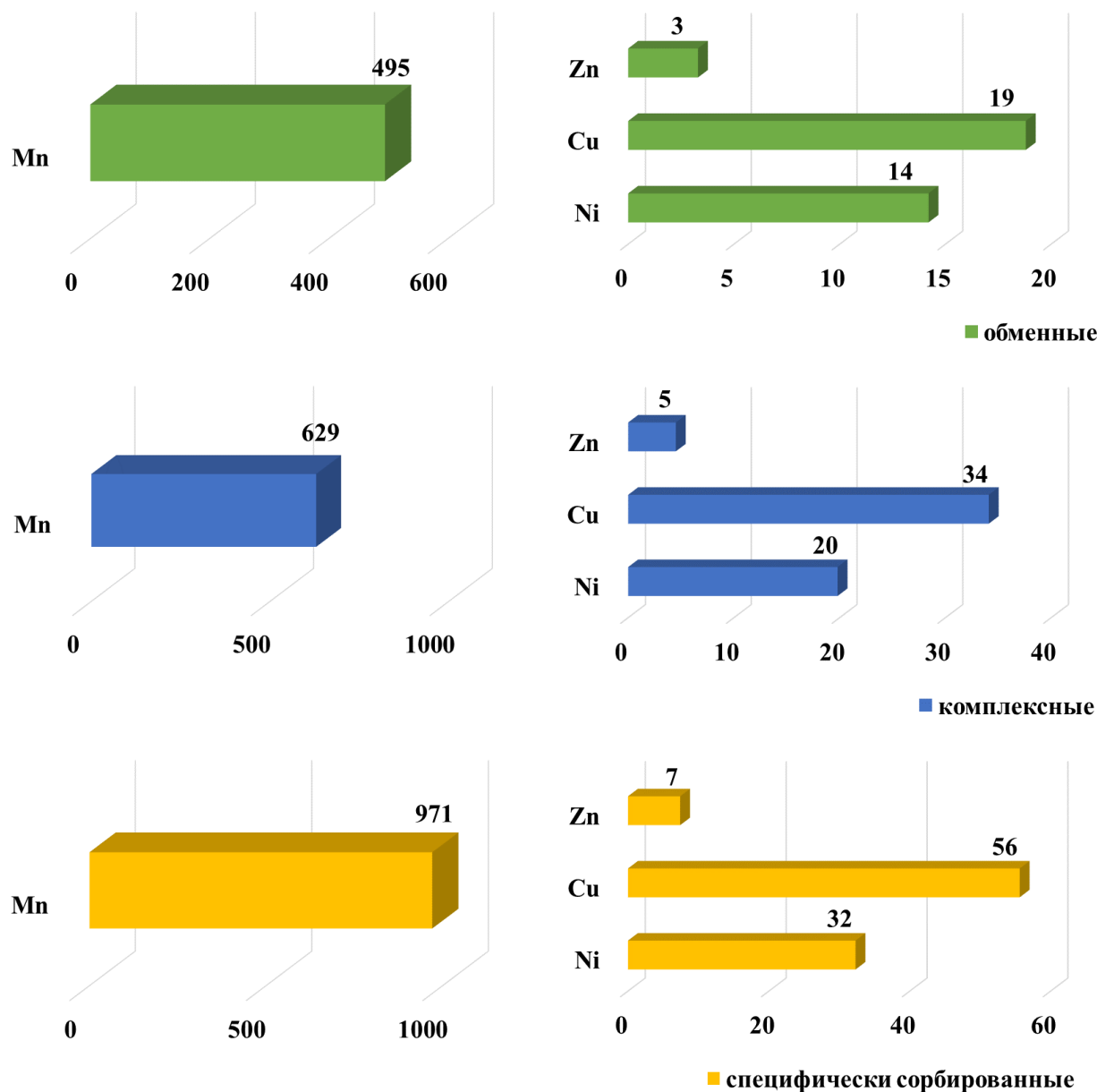


Рисунок 37 – Запасы обменных, комплексных, специфически сорбированных соединений микроэлементов в черноземе южном целины (0-100 см), кг/га

Согласно полученным данным, чернозем южный ампелоценоза обладает довольно высокими запасами валового содержания микроэлементов в слое 0–100 см. По этому показателю их ряд накопления –  $Mn > Zn > Ni > Cu$  (рис. 38).

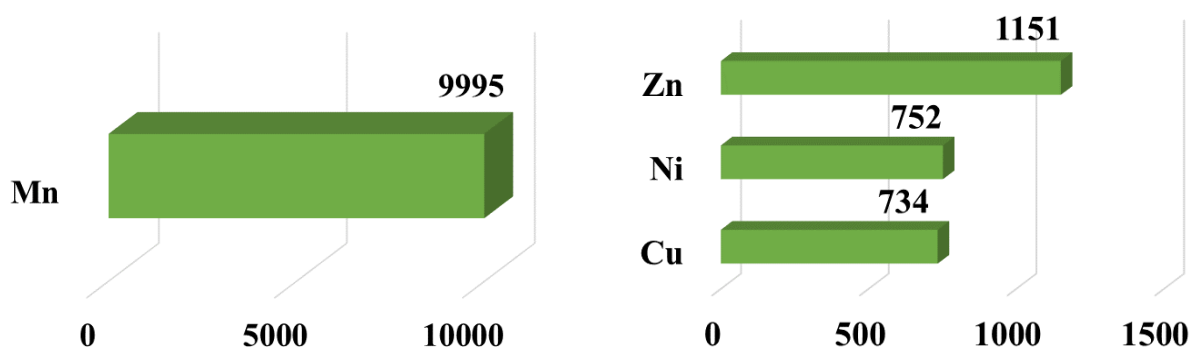


Рисунок 38 – Запасы валового содержания микроэлементов в черноземе южном ампелоценоза (0–100 см), кг/га

Исследуемая почва характеризуется высокой обеспеченностью Mn (>20,0 мг/кг), средней – Cu (0,2–0,5 мг/кг) и низкой – Zn (<2мг/кг) (Методические указания..., 2003). Низкая степень обеспеченности чернозёма южного Zn обуславливается сочетанием нескольких факторов: комплексообразование с органическим веществом, снижение мобильности ионов  $Zn^{2+}$  ввиду щелочной реакции почвенного раствора, осаждение в виде малорастворимого  $ZnCO_3$  при наличии карбонатов, а также последствиями интенсивного земледелия (Mousavi et al., 2018; Жуйков, 2021). Хотя Ni играет важную роль в минеральном питании растений, участвуя в ключевых физиологических и биохимических процессах, для этих элементов не существует отдельной классификации по обеспеченности почв. Разработка такой градации требует дальнейших исследований в системе «почва-растение».

Расчет запасов микроэлементов в слое почвы мощностью 0–100 см дает возможность оценить их реальное количество и составить ряд накопления непрочносвязанных соединений изучаемых элементов питания в черноземе южном ампелоценоза: для обменных -  $Mn > Zn > Cu > Ni$ , комплексных и специфически сорбированных -  $Mn > Cu > Zn > Ni$  (рис.39).

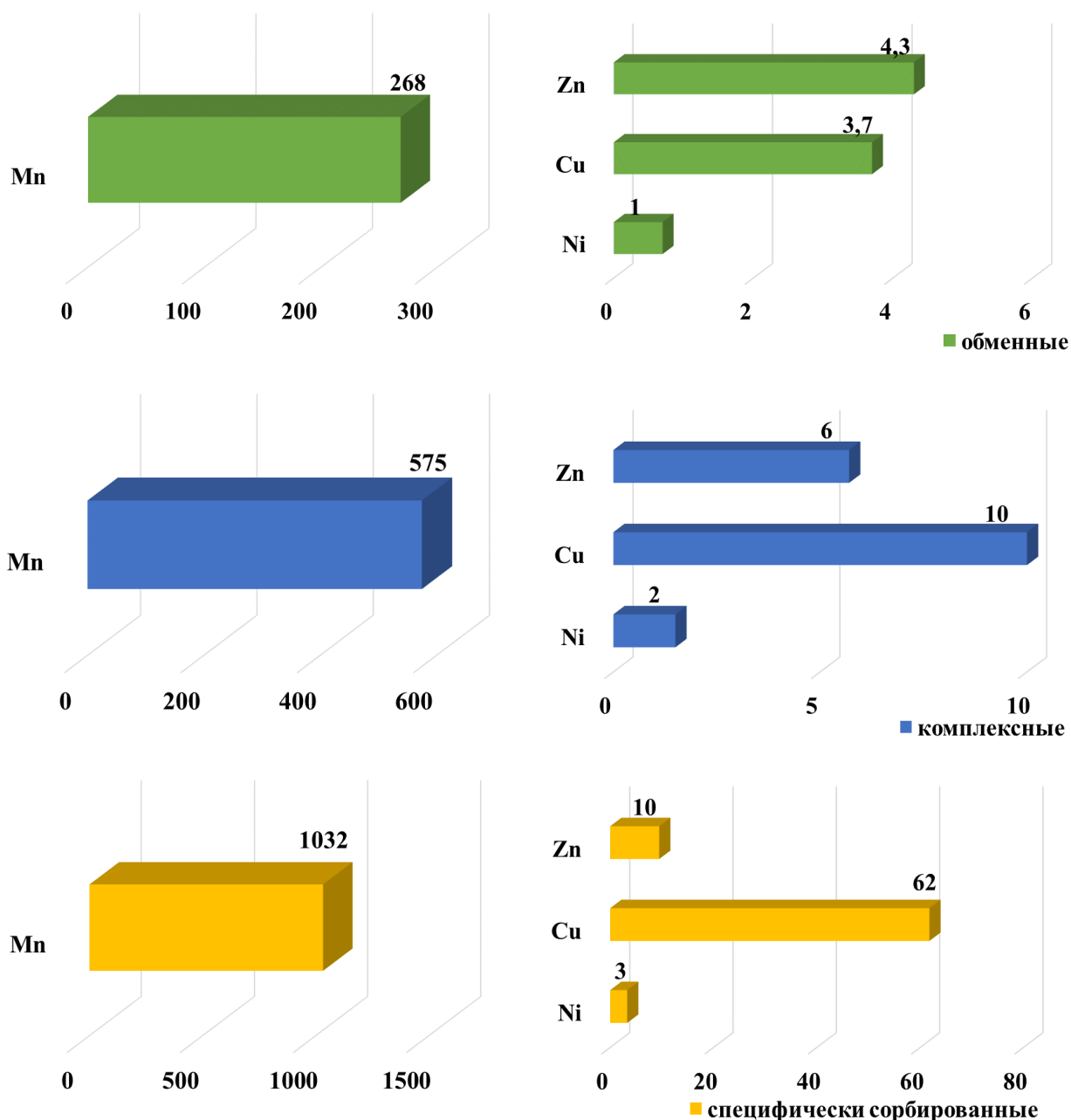


Рисунок 39 – Запасы обменных, комплексных, специфически сорбированных соединений микроэлементов в черноземе южном ампелоценоза (0–100 см), кг/га.

Согласно А.К. Раджабову и др. (2021), при средней урожайности 100 ц/га вынос элементов питания при выращивании винограда в среднем составляет: Zn – 0,13 кг/га, Mn – от 0,19 кг/га. Биологический вынос микроэлементов на тонну собранного урожая в среднем достигает (кг): Mn – 0,01, Cu – 0,015, Zn – 0,01, Ni

– 0,005. С учетом этих данных при максимальной урожайности в 120 ц/га, отмеченной в 2023 году по данным валового сбора Саперави Северного на исследуемом производственном участке, вынос элементов питания составляет (кг/га): Mn – 0,12, Cu – 0,18, Zn – 0,12, Ni – 0,06.

Общий запас валового содержания микроэлементов в слое почвы 0–100 см чернозема южного садового агроценоза оценивается как достаточно высокий (рис.40). По этому показателю их ряд накопления - Mn>Zn>Ni>Cu.

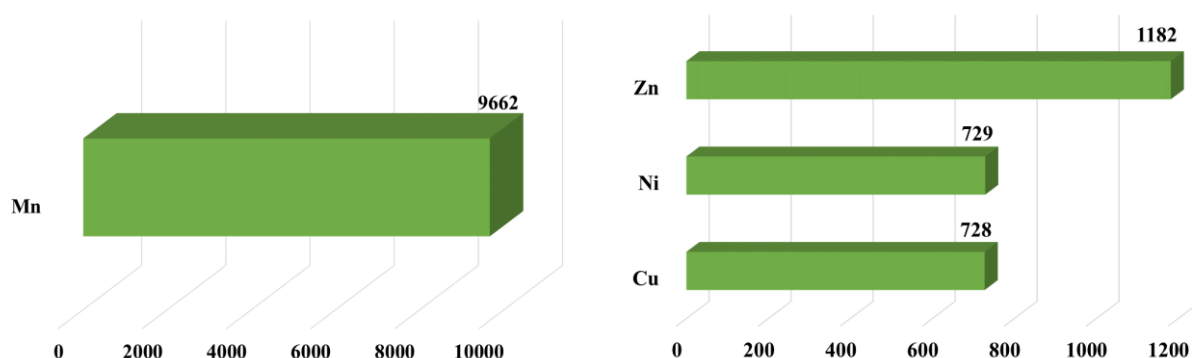
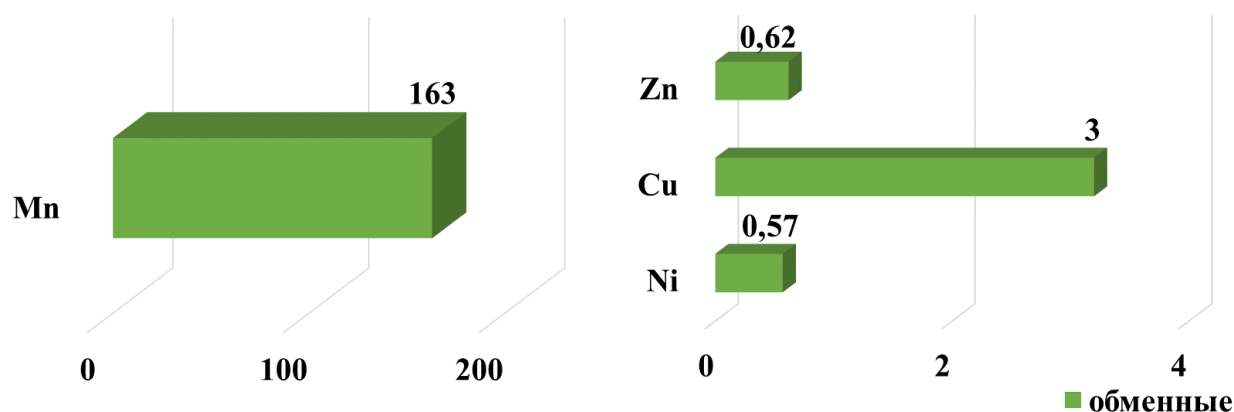


Рисунок 40 – Запасы валового содержания микроэлементов в черноземе южном садового агроценоза (0–100 см), кг/га

Ряд накопления непрочносвязанных соединений изучаемых элементов питания в почве садового агроценоза: для обменных, комплексных и специфически сорбированных – Mn>Cu>Zn>Ni (рис.41).



Продолжение рисунка 41

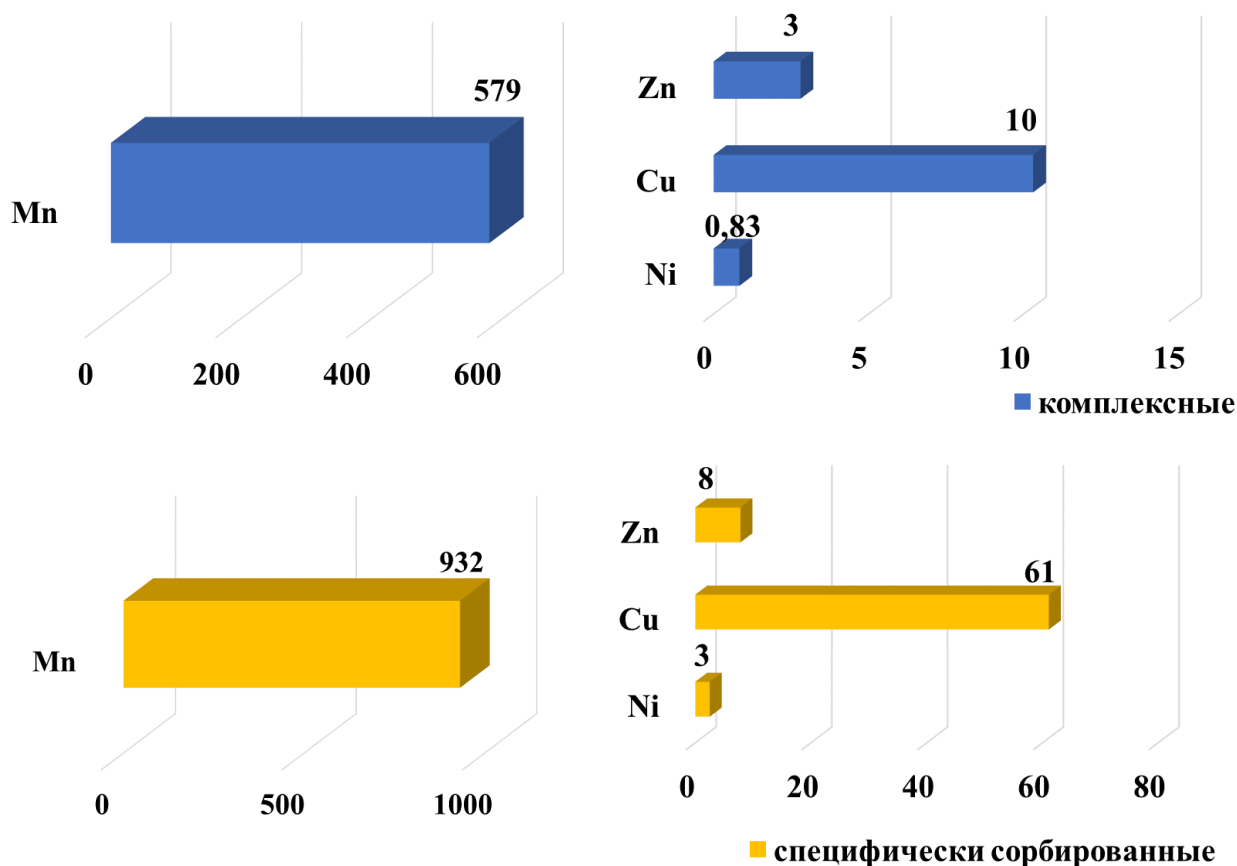


Рисунок 41 – Запасы обменных, комплексных, специфически сорбированных соединений микроэлементов в черноземе южном садового агроценоза (0–100 см), кг/га.

Ежегодно восьми-десятилетние деревья черешни поглощают элементы питания в количестве: Cu – 0,016, Mn – 0,249, Zn – 0,074 (Роева, 2018). Если на одном гектаре расположено 420 деревьев, то вынос микроэлементов составит: Cu – 6,7 кг/га, Mn – 104,6, Zn – 31,1 кг/га, что свидетельствует о недостаточном количестве исследуемых микроэлементов для получения стабильного и качественного урожая.

Исследуемый чернозём южный в условиях садового агроценоза характеризуется средней обеспеченностью Mn (10,0–20,0 мг/кг) и Cu (0,2–0,5 мг/кг) и низкой – Zn (<2,0 мг/кг) (Методические указания..., 2003; Гончаренко и

др., 2016). Такая ситуация может быть обусловлена значительным выносом этих микроэлементов из почвы, что происходит при отсутствии сбалансированного применения микроудобрений. Недостаточный уровень содержания доступного для растений Zn чаще всего проявляется на карбонатных почвах за счет образования  $ZnCO_3$  (Самофалова, 2009; Baghdadi, Sadowski, 1998).

Оценка содержания тяжелых металлов в почве садовых агроценозов требует учета не только техногенного загрязнения, но и антропогенных факторов, таких как длительное возделывание монокультур и использование агрохимикатов, которые могут способствовать накоплению металлов (Jalali, Moharrami, 2007; Санжарова и др., 2019; D'Souza, 2023). Для установления суммарного показателя загрязнения чернозема южного рассчитаны коэффициенты концентрации каждого элемента питания (табл. 29).

Таблица 29 – Значения коэффициентов концентрации валового содержания элементов в черноземе южном ампелоценоза (0–100 см)

Элемент	Коэффициент концентрации, $K_c$
Cu	1,87
Ni	1,44
Zn	1,35
Mn	0,89

Суммарный показатель загрязнения чернозема южного ампелоценоза равен 2,4, что соответствует допустимой категории загрязнения почв ( $Z_c < 16$ ). Результаты анализа чернозёма южного показали, что содержание меди, марганца, цинка и никеля не превышает гигиенических нормативов по всему почвенному профилю.

Повышенные концентрации микроэлементов в почве садовых агроценозов могут обнаруживаться не только из-за техногенного загрязнения. Причиной может быть длительное выращивание в условиях монокультуры, а также использование удобрений и средств защиты растений. В минеральных удобрениях микроэлементы присутствуют в качестве примесей, где они могут

достигать следующих значений: Mn – 2942, Cu – 1000, Zn – 3000, Ni – 32 мг/кг. Азотные и калийные удобрения в наибольших количествах имеют примеси Mn, Cu, Zn, Ni до 1000 мг/кг (Карпова, 2006; Санжарова и др., 2019). Для установления суммарного показателя загрязнения чернозема южного рассчитаны коэффициенты концентрации каждого элемента питания (табл. 30).

Таблица 30 – Значения коэффициентов концентрации валового содержания элементов в черноземе южном садового агроценоза (0–100 см)

Элемент	Коэффициент концентрации, $K_c$
Cu	1,86
Ni	1,39
Zn	1,39
Mn	0,87

Суммарный показатель загрязнения чернозема южного садового агроценоза равен 2,5, что соответствует допустимой категории загрязнения почв ( $Z_c < 16$ ). Превышений гигиенических нормативов по общему содержанию меди, марганца, цинка и никеля не обнаружено по всему профилю чернозёма.

## ВЫВОДЫ

1. Распределение валового содержания и подвижных соединений Cu, Mn, Zn, Ni и Fe в черноземе южном характеризуется их активным накоплением в гумусо-аккумулятивном горизонте. Коэффициенты радиальной дифференциации указывают на общий для целины и агроценозов поверхностно-аккумулятивный тип накопления валового содержания Cu, Mn, Zn, Ni, Fe, характеризующихся слабой степенью контрастности. У непрочносвязанных соединений изучаемых элементов степень контрастности различна: для Cu, Mn и Fe – слабая, для Zn и Ni – средняя, что обусловлено генетическими особенностями почвы и свойствами элементов.

2. Внутрипрофильная дифференциация микроэлементов в черноземе южном зависит от физико-химических свойств. Как валовое содержание, так и обменные и комплексные соединения микроэлементов достоверно коррелируют с содержанием гумуса: Cu ( $r = 0,50-0,90$ ), Mn ( $r=0,60-0,89$ ), Zn ( $r=0,42-0,78$ ), Ni ( $r=0,62-0,82$ ). Выявленные зависимости свидетельствуют о важной роли органоминеральных комплексов в процессах аккумуляции и миграции изучаемых микроэлементов. Щелочная реакция почвенного раствора, наличие карбонатов способствуют накоплению микроэлементов в форме, которая трудно растворяется и малодоступна для растений. Корреляционный анализ доказал обратную связь между непрочносвязанными соединениями микроэлементов и  $\text{CaCO}_3$ : Cu ( $r = -0,52-0,70$ ), Mn ( $r=-0,48-0,89$ ), Zn ( $r=-0,42-0,87$ ), Ni ( $r=-0,62-0,87$ ).

3. Основная часть Cu, Mn, Zn, Ni в черноземе южном целины и различных агроценозов представлена прочносвязанными соединениями (78,0-99,0%). Среди непрочносвязанных соединений наибольшую долю составляют специфически сорбированные (45,0-83,0%), что объясняет низкую доступность микроэлементов растениям. При многолетнем выращивании винограда и черешни выявлены изменения в групповом составе микроэлементов. Основное

направление этих изменений заключается в снижении доли обменных и увеличении специфически сорбированных соединений в сравнении с целиной.

4. Чернозем южный целины характеризуется следующим рядом накопления валового содержания микроэлементов (кг/га):  $Mn > Zn > Cu > Ni$ . Ряд накопления непрочносвязанных соединений изучаемых элементов питания в черноземе южном целины выглядит следующим образом: для обменных, комплексных и специфически сорбированных -  $Mn > Cu > Ni > Zn$ . В условиях садового агроценоза и ампелоценоза последовательность иная: для валового содержания –  $Mn > Zn > Ni > Cu$ , для обменных соединений –  $Mn > Cu > Zn > Ni$  и  $Mn > Zn > Cu > Ni$  соответственно, комплексных и специфически сорбированных -  $Mn > Cu > Zn > Ni$ .

5. Степень обеспеченности чернозема южного садового агроценоза и ампелоценоза подвижными соединениями  $Mn$  средняя и высокая соответственно,  $Cu$  – средняя,  $Zn$  – низкая. Отмеченный уровень подвижных микроэлементов в агроценозах обусловлен не только особенностями группового состава, но и последствиями интенсивного земледелия. Полученные результаты утверждают о несбалансированном применении агрохимических средств и указывают на необходимость внесения в почву микроудобрений, прежде всего цинксодержащих.

6. Валовое содержание и подвижные соединения микроэлементов в черноземе южном целины и агроценозов соответствуют их региональному уровню и не превышают предельно допустимых концентраций. Суммарный показатель загрязнения валовыми  $Cu$ ,  $Mn$ ,  $Zn$ ,  $Ni$  ( $Z_c = 2,4-2,5$ ) свидетельствует об экологически чистом состоянии почвы при многолетнем выращивании винограда и черешни.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

R — коэффициент радиальной дифференциации

n — количество наблюдений

x — среднее, %

se — ошибка среднего

Me — медиана

min — минимальное содержание

max — максимальное содержание

$\sigma$  — стандартное отклонение

V — коэффициент вариации, %.

& — и

pH — водородный показатель или показатель кислотности

ААБ — ацетатно-аммонийный буферный раствор

ЭДТА — этилендиаминтетрауксусная кислота

Z<sub>c</sub> — суммарный показатель загрязнения почвенного покрова

ПДК — предельно допустимая концентрация

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова, И.А. Катенарная геохимическая организация таежных ландшафтов Восточно–Европейской равнины / И.А. Авессаломова // Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской. М.: АПР, 2012. – С. 97–117.
2. Аветов, Н.А. Национальный атлас почв Российской Федерации / Н.А. Аветов, А.Л. Александровский, И.О. Алябина [и др.]. – Москва: Издательство "Астрель", 2011. – 632 с.
3. Агафонов, Е.В. Микроэлементы – ТМ в исследованиях кафедры агрохимии ДонГАУ / Е. В. Агафонов. Полиграф. комплекс ЭСМА–ПРИНТ, 2012. – 261 с.
4. Агафонов, Е.В. Тяжелые металлы в черноземах Ростовской области / Е.В. Агафонов // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: Сб. науч. статей. Новочеркасск, 1994. – С. 22–26.
5. Азаренко, Ю.А. Эколого–агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растениях лесостепной и степной зон Омской области / Ю.А. Азаренко, В.М. Красницкий, Ю.И. Ермохин // Плодородие. – 2010. – № 5(56). – С. 49–52.
6. Акимцев, В.В. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области / В.В. Акимцев, А.В. Болдырева, С.Н. Голубев [и др.] // Микроэлементы и естественная радиоактивность: материалы 3–го межвузовского совещания. – Ростов н/Д: Изд–во Ростовского ун–та, 1962. – С. 38–41.
7. Алексеенко, В. Н. География Ростовской области / В. Н. Алексеенко, М. И. Мартынова. Ростов н/Д., 2005. – 120 с.
8. Алехина, Е.М. Устойчивость сортов черешни к климатическим аномалиям зимне–весеннего периода / Е.М. Алехина // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2012. – № 17(5). – С. 8–21.
9. Асылбаев, И.Г. Тяжелые металлы второго класса опасности в почвах и породах Южного Урала: запасы и оценка загрязнения/ И.Г. Асылбаев // Плодородие. –2015. –№ 5. –С. 58–63.
10. Атлас лучших сортов плодовых и ягодных культур Краснодарского края. Т. 2. Косточковые культуры. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии, 2009. – 134 с.
11. Афанасьев, Р.А. О методах определения доступного растениям железа в почвах / Р.А. Афанасьев, В.Г. Мамонтов, Д.В. Борисова, М.М. Кузелев, Ю.С. Байкалова // Плодородие. – 2010. – №. 6. – С. 33–35.

12. Бауэр, Т.В. Фоновое содержание и состав соединений цинка, меди и свинца в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов Ростовской области / Т.В. Бауэр, Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, В.А. Чаплыгин, Д.Г. Невидомская, С.Н. Сушкова, С.Ю. Бакоев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 4(20). – С. 186–199.
13. Безуглова, О.С. Почвы Ростовской области: учебное пособие / О.С. Безуглова, М.М. Хырхырова. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.
14. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы высших растений / Битюцкий Н.П.— СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 368 с.
15. Битюцкий, Н.П. Минеральное питание растений: учебник / Н.П. Битюцкий. — Санкт-Петербург: СПбГУ, 2014. — 540 с.
16. Бузуверов, А.В. Южное плодоводство: почвенная агротехника, удобрение, орошение. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Бузуверов, Т.Н. Дорошенко, Л.Г. Рязанова. Электрон. дан. — СПб: Лань, — 2017.
17. Вадюнина, А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв/ А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
18. Вальков, В.Ф. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Р.В. Кузнецов. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 416 с.
19. Вальков, В.Ф. Почвы Ростовской области: генезис, география и экология / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2012. – 316 с.
20. Вальков, В.Ф. Почвы Юга России / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. – 275 с.
21. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М, 1957. – 68 с.
22. Водяницкий, Ю. Н. Минералогия и геохимия марганца (обзор литературы) / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2009. – № 10. – С. 1256–1265.
23. Водяницкий, Ю.Н. Оксиды железа и их роль в плодородии почв / Ю.Н Водяницкий. – М.: Наука, 1989. 160 с.
24. Водяницкий, Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа / Ю.Н Водяницкий. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2003. 238 с.
25. Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов / М.А. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
26. Гончаренко, Т.П. Агрохимическая оценка обеспеченности черноземов типичных подвижными формами микроэлементов / Т.П.

Гончаренко, Л.И. Жицкая, Е.М. Хоменко // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 3–5(24). – С. 85–88.

27. Гончарук, Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1986. – 320 с.

28. Горбунова, Н.С. Формы соединений марганца, меди и цинка в черноземах Центрально–Черноземного региона/ Н.С. Горбунова, Н.А. Протасова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2008. – №. 2. – С. 77–85.

29. Григель Г., Даду К. Цинк и виноград //Pomicultura, Viticultura și Vinificația. – 2018. – Т. 77. – №. 5. – С. 13–18.

30. Давыдов, И.В. Состав и свойства черноземов обыкновенных и южных в условиях интенсивного землепользования: на примере северо–западной и центральной частей Ростовской области: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.27 / Давыдов Игорь Викторович; [Место защиты: Моск. гос. ун–т им. М.В. Ломоносова. Фак. почвоведения]. — Москва, 2008. — 24 с.

31. Даду, К., Григель, Г., Чебану, В., Кухарский, М. Медь и виноград / //Pomicultura, Viticultura și Vinificația. – 2018. – Т. 75. – №. 3. – С. 2–9.

32. Даду, К., Марганец (Mn) и виноград / К. Даду, Г. Григель//Pomicultura, Viticultura și Vinificația. – 2018. – Т. 76. – №. 4. – С. 14–18.

33. Добровольский, Г.В. Полузабытая, но очень важная для почвоведения и учения о биосфере работа В. И. Вернадского / Г.В. Добровольский // Живые и биокосные системы. – 2013. – № 2. DOI: 10.18522/2308–9709–2013–2–2

34. Дорошенко, Т.Н. Индикаторы устойчивости растений черешни к пониженным температурам весеннего периода / Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова, З. З. Зайнутдинов // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 73. – С. 127–132. – DOI 10.31360/2225–3068–2020–73–127–132.

35. Дьяченко, В.В. Загрязнение и динамика микроэлементов в почвах юга России / В.В. Дьяченко, И.Ю. Матасова //Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2015. – №. 4. – С. 324–332.

36. Ермаков, В.В. Ковальского в развитие биогеохимии и геохимической экологии / В.В. Ермаков, Ю.В. Ковальский // Биогеохимия – научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека: труды XI Международной биогеохимической школы, посвященной 120–летию со дня рождения Виктора Владиславовича Ковальского: в 2 томах, Тула: Тульский

государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2019. – С. 8–14.

37. Ермакова, Т.А. Сортимент черешни Дагестана / Т.А. Ермакова // Садоводство и виноградарство. – 2013. – № 5. – С. 36–40.

38. Жуйков, Д.В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах / Д.В. Жуйков // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 3. – С. 19–22. – DOI 10.24411/0235–2451–2019–10304.

39. Жуйков, Д.В. Мониторинг содержания марганца, цинка и кобальта в черноземе обыкновенном [Электронный ресурс] / Д.В. Жуйков // АгроЭкоИнфо: Электронный научно–производственный журнал. – 2021. – №4. (дата обращения 20.11.2024)

40. Жуйков, Д.В. Мониторинг содержания цинка в агроценозах Белгородской области / Д. В. Жуйков // Агрехимический вестник. – 2021. – № 4. – С. 14–19. – DOI 10.24412/1029–2551–2021–4–003.

41. Заремук, Р.Ш. Новые сорта косточковых культур в Госреестре для Северо–Кавказского региона / Р. Ш. Заремук, Е. М. Алехина // Садоводство и виноградарство. – 2012. – № 4. – С. 16–19.

42. Зармаев, А.А. Виноградарство с основами технологии первичной переработки винограда / А.А. Зармаев. — 3–е изд., перераб. и доп — Москва: Издательство Юрайт, 2020 — 683 с.

43. Зозулин, Г.М. Геоботаническое районирование, Нижний Дон (Ростовская область) / Г.М. Зозулин, Г.Д. Пашков // Растительные ресурсы. Ростов–на–Дону. – 1980. – С. 40–48.

44. Зональные системы земледелия Ростовской области. 2022–2026 годы. Ростов н/Д, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области: 2022. – 734 с.

45. Зонн, С.В. Железо в почвах / С.В. Зонн. – М.: Наука, 1982. – 227 с.

46. Зырин, Н.Г. Общие закономерности распределения подвижных форм микроэлементов в почвах Европейской части СССР / Н.Г. Зырин, Ю.Н. Зборошук // Микроэлементы в почвах СССР. – М.: МГУ, 1981. – С. 6–19.

47. Иванищев, В.В. Роль железа в биохимии растений/ В.В.Иванищев //Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2019 – с.149–159.

48. Карта почвенно–экологического районирования Российской Федерации масштаба 1:2500000 (под ред. Г.В. Добровольского и И.С. Урусевской) [Электронный ресурс]. – 2013. – URL: <https://soil-db.ru/struktura-i->

funkcionirovanie/dannye–inventarizaciya/dannye–po–territorii/rostovskaya–oblast (дата обращения 10.10.2024).

49. Карта почвообразующих пород Ростовской области (1:500 000) под редакцией Г.Г. Клименко (1977). [Электронный ресурс]. – URL: [https://soil-db.ru/struktura–i–funkcionirovanie/dannye\\_inventarizaciya/dannye–po–territorii/rostovskaya–oblast](https://soil-db.ru/struktura–i–funkcionirovanie/dannye_inventarizaciya/dannye–po–territorii/rostovskaya–oblast) (дата обращения 10.10.2024)

50. Карта района. Администрация Мартыновского района Ростовской области. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mart.donland.ru/district/map/> (дата обращения 01.10.2024)

51. Каталог сортов винограда, выведенных во ВНИИВ и В им. Я.И. Потапенко и интродуцированных в результате международного сотрудничества / И.А. Кострикин [и др.]. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ, 2003. – 100 с

52. Каталымов, М.В. Микроэлементы и микроудобрения. – М.: Изд-во «Химия». – 1965. – 332 с.

53. Ковальчик, Н.В. Распространенность и виды миграции химических элементов / Н.В. Ковальчик, Л.И.Смыкович, А.А.Карпиченко. Минск: БГУ, 2017. – 111 с.

54. Ковда, В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А.Ковда, Н.Г. Зырин: МГУ, 1973. – 281 с.

55. Копнина, Т.А. Особенности фенологического развития сортов вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris* mill.) в условиях садоводства Краснодарского края / Т.А. Копнина, А.А. Кочубей // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2023. – Т. 37. – С. 49–53. – DOI 10.30679/2587–9847–2023–37–49–53.

56. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профильного распределения тяжелых металлов и плотности сложения // Почвоведение. – 2014. – № 8. – С. 988–997. DOI:10.7868/S0032180X14080085.

57. Крыщенко, В.С. История и современное состояние районирования почвенного покрова Ростовской области / В.С. Крыщенко, И.В. Замулина, О.М. Голозубов, Ю.А. Литвинов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5–2. – С. 415–421.

58. Курзаева, Л.В. Регрессионный анализ в электронных таблицах/ Л.В. Курзаева// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – Т. 12. – № 7. – С. 1234–1238.

59. Кучеренко, А.В. Содержание и распределение Mn, Zn и Cu в черноземе южном / А.В. Кучеренко, О.А. Бирюкова, А.М. Медведева, Т.М. Минкина, А.К. Шерстнев// Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов XXII Международной научно–практической конференции: в 3 т., Москва, 22–24 апреля 2021 года / Российский университет дружбы народов. Том 1. – Москва: РУДН, 2021. – С. 484–488.
60. Кучеренко, А.В. Содержание и распределение разных форм меди и цинка в черноземе южном в ампелоценозах Ростовской области / А.В. Кучеренко, О.А. Бирюкова // Наука Юга России. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 47–55. – DOI 10.7868/S25000640230307.
61. Лукин, С.В. Мониторинг содержания никеля в почвах / С.В. Лукин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 3. – С. 14–15.
62. Лукин, С.В. Динамика агроэкологического состояния почв Белгородской области при длительном сельскохозяйственном использовании / С. В. Лукин // Почвоведение. – 2023. – № 12. – С. 1671–1685. – DOI 10.31857/S0032180X23600890.
63. Лукин, С.В. Микроэлементы в почвах ЦЧО / С.В. Лукин // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 26–28.
64. Лукин, С.В. Микроэлементы в чернозёмах: содержание, биогенная миграция, нормирование / С.В. Лукин, Н.С. Четверикова// Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – №. 6. – С. 11–14.
65. Лукьянов, А.А. Виноградопригодные почвы (чернозем южный и дерново–карбонатная почва) Краснодарского края / А.А. Лукьянов// Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – 49(1). – С.95–106.
66. Марморштейн, А.А. Агробиологическая и энологическая характеристика перспективных клонов сорта Саперави в условиях Черноморской агроэкологической зоны виноградарства / А.А. Марморштейн, Г.Ю. Алейникова, Е.Т. Ильницкая, Т.Д. Козина, М.В.Макаркина, Е.Г. Пята, В.К.Котляр, А.А.Ширшова, Е.А. Митрофанова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2024. – 87(3) – С.28–47. DOI 10.30679/2219–5335–2024–3–87–28–47
67. Матвеева, Н.В. Технологическая оценка новых красных технических форм винограда селекции ВНИИВИВ и перспективность их использования в виноделии / Н.В. Матвеева, М.В. Бахметова //Русский виноград. – 2019. – Т. 10. – С. 119–124.
68. Мержаниан, А.С. Виноградарство / А.С. Мержаниан. – М.: Колос, 1967. – 464 с.

69. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, – 1992. – 61 с.
70. Механцева, И.Ю. Анализ динамики данных закладки и распространения сортов винограда в Ростовской области / И.Ю. Механцева, А.А. Рябов, К.Ф. Механцева, Н.В. Гордеева // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XII Международной научно–практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш», Ростов–на–Дону. – 2019. – С. 626–629.
71. Минеев, В.Г. Агрохимия / Минеев В.Г., Сычѳв В.Г., Гамзиков Г.П., Шеуджен, А.Х., Агаѳонов, Е.В., Белоус, Н. М., Сапаров А.С.: Учебник; под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд–во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, – 2017. – 854 с.
72. Минеев, В.Г., Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев , О.А. Амелянчик , Т.Н. Большева , Н.Ф. Гомонова , Е.П. Дурьнина, В.С. Егоров , Е.В. Егорова, Н.Л.Едемская , Е.А. Карпова , В.Г. Прижукова. – М.: Изд–во Моск. ун–та, 2001. – 689 с.
73. Минкина, Т. М. Состав соединений тяжелых металлов в почвах / Т. М. Минкина, О. Г. Назаренко, Г. В. Мотузова. Ростов–на–Дону: «Эверест», 2009. – 208 с.
74. Минкина, Т.М. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах степной зоны/Т.М. Минкина, Г.В. Мотузова, О.Г. Назаренко, В.С. Крыщенко, С.С Манджиева. // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 810–818.
75. Минкина, Т.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях устья реки Дон и побережья Таганрогского залива/ Минкина Т.М., Федоров, Ю.А., Д.Г. Невидомская, Т.Н Польшина, С.С. Манджиева, В.А. Чаплыгин //Почвоведение. – 2017. – №. 9. – С. 1074–1089.
76. Митрохина, О.А. Содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур / О.А. Митрохина // Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 40–45. – DOI 10.24412/1029–2551–2021–5–008.
77. Наумова, Л.Г. Изучение сортов винограда межвидового происхождения в условиях Ростовской области / Л.Г. Наумова, В.А. Ганич // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 4(68). – С. 24–31. – DOI 10.12737/2073–0462–2023–24–31.
78. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд–во Моск. ун–та, – 1985. – 376 с.
79. Орлов, Д.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.

80. Парибок, Т.А. Влияние недостатка цинка, меди и железа на поступление микроэлементов в растения/ Т.А. Парибок, Г.Н. Кузнецова, Н.В. Алексеева–Конова //Агрохимия. – 1964. – №. 9. – С. 93.
81. Парибок, Т.А. Цинк в метаболизме и экологии растений/ Т.А. Парибок // Биологическая роль микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине. – Л.: Наука, 1970, Т. 1. – С. 347–348.
82. Побилат, А.Е. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор)/ Побилат А.Е., Волошин Е.И. // Микроэлементы в медицине. – 2021. – Т. 22. – № 3. – С. 3–14. DOI: 10.19112/2413–6174–2021–22–3–3–14
83. Почвенная карта Ростовской области (1:300 000) под редакцией Цвылева Е.М. НИИ ЮжГИПРОЗем (переиздание 1986 год). [Электронный ресурс]. – URL: <https://soil-db.ru/struktura-i-funkcionirovanie/dannye-inventarizaciya/dannye-po-territorii/rostovskaya-oblast> (дата обращения 10.10.2024)
84. Природные условия и естественные ресурсы Ростовской области. – Ростов–на–Дону: Батайское книжное издательство, 2002. – 445 с.
85. Протасова, Н.А. Биогеохимия микроэлементов в обыкновенных черноземах Воронежской области / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова, А.Б. Беляев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 4. – С. 100–106.
86. Протасова, Н.А. Особенности формирования микроэлементного состава зональных почв Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 50–59.
87. Протасова, Н.А. Формы соединений цинка, никеля, свинца и кадмия в обыкновенных черноземах Каменной степи при длительном применении удобрений и фосфогипса / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова // Агрохимия. – 2010. – № 5. – С. 90–99.
88. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 306–310.
89. Раджабов, А.К. Технологии внесения удобрений и система защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней: аналит. обзор / А.К. Раджабов, Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина, В.Ф. Федоренко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с.

90. Роева, Т.А. Минеральное питание как фактор продуктивности и качества плодов вишни, черешни / Т.А. Роева // Современное садоводство. – 2018. – № 2(26). – С. 48–69. – DOI 10.24411/2312–6701–2018–10208
91. Рудакова, Э.Ф. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях / Рудакова Э.Ф., Каракис К.Д., Сидоршина Т.Н. и др./ Киев: Наук. думка, 1987. – 184 с.
92. Самофалова, И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород: учебное пособие/ И.А. Самофалова – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО "Пермская ГСХА", 2009. – 132 с.
93. Санжарова, Н.И. Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование / Н.И. Санжарова, П.Н. Цыгвинцев, В.С. Анисимов [и др.]. – Обнинск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2019. – 398 с.
94. Свиридова, А.Д. Перспективы отечественного виноградарства (на примере Ростовской области и Республики Крым) / А. Д. Свиридова, А. И. Власов // Экономика и экология территориальных образований. — 2021. — Т. 5, № 3. — С. 74–86. <https://doi.org/10.23947/2413–1474–2021–5–3–74–86>
95. Сенькова, Л.А. Агромелиоративная характеристика черноземов южных в связи с орошением / Л.А. Сенькова, Л.В. Гринец //Аграрный вестник Урала. – 2023. – №. 2 (231). – С. 14–29.
96. Серпуховитина, К.А. Рост, развитие и продуктивность сортов при системном удобрении виноградников/ Серпуховитина К. А., Красильников А. А., Руссо Д. Э., & Худавердов Э. // Плодоводство и виноградарство Юга России, 2014. – С. 119–141.
97. Сборникова, И.Г. Методическое пособие по физико-химическому анализу почв: (Подвижные формы микроэлементов в черноземах Рост. обл.) / И.Г. Сборникова, Э.Ф. Рязанова; Рост. н/Д гос. ун-т. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1973. – 36 с.
98. Студенникова, Н. Морфологическая и увологическая характеристика биотипов сорта винограда Саперави / Н. Студенникова, З. Котоловец //Horticultură, Viticultură și vinificație, Silvicultură și grădini publice, Protecția plantelor. – 2018. – Т. 47. – С. 238–243.
99. Сухова, О.А. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Волгоградской области / О.А. Сухова, В.В. Болдырев, А.В. Акулов // Достижение науки и техники АПК, 2019, Т. 33, № 4. – С. 20–21.

100. Сычев, В.Г. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, И. В. Володарская [и др.]. – Москва: Российский научно–исследовательский институт информации и технико–экономических исследований по инженерно–техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2003. – 240 с.

101. Усейнов, Д. Р. Особенности роста и развития деревьев черешни в зависимости от системы формирования кроны / Д. Р. Усейнов, В. М. Горина // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2024. – Т. 26, № 4(130). – С. 367–371.

102. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 01.11.2024)

103. Хорошкин, М.Н. Микроэлементы в почвах и кормах Ростовской области / М.Н. Хорошкин, Б.М. Хорошкин – Персиановка, 1979. – 39с.

104. Хорошкин, М.Н. Химическая природа, биологическая активность марганца, меди, цинка и применение их под зерновые культуры в Ростовской области: Автореф. дис... д–ра с.–х. наук. Баку, 1971. –54 с.

105. Черников, Е.А. Оценка пригодности чернозёмов южных для создания продуктивных плодовых агроэкосистем / Е. А. Черников, В.П. Попова, Н.Г. Пестова // Научные труды Северо–Кавказского зонального научно–исследовательского института садоводства и виноградарства. – 2015. – Т. 7. – С. 73–77.

106. Шацкая, С.С. Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах зоны влияния Новосибирского оловянного комбината/ С.С. Шацкая, А.Ю. Красовская, И.В.Сторожко, Е.А. Удальцов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2020. – Т. 28. – № 5. – С. 501–507. – DOI:10.15372/KhUR20202560.

107. Шеин, Е. В. Курс физики почв: Учебник / Е. В. Шеин. – Москва: Издательство Московского государственного университета, 2005. – 432 с.

108. Шеуджен, А.Х. Агробиогеохимия чернозема / А.Х. Шеуджен – Майкоп: «Полиграф–ЮГ», 2018. – 308 с.

109. Шеуджен, А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х. Шеуджен – Майкоп: «Полиграф–ЮГ», 2015. – 232 с.

110. Шеуджен, А.Х. Содержание и состояние железа в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен., Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, Н.С. Галай, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов, С.В. Есипенко // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 107. – С. 967–983.

111. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск, Ойкумена: 2004, – 342 с.

112. Ягодин, Б.А. Агрехимия: учебник / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. — 2–е изд., Санкт–Петербург: Лань, 2016. — 584

113. *Ádám, C. Evaluation of the growing and fruit bearing characteristics of the ‘Lapins’ sweet cherry cultivar grafted on rootstocks with different vigor / Ádám Csihon., D. Bicskei., P. Dremák., István Gonda // Journal of Horticultural Science, – 2017. – DOI: 10.31421/IJHS/23/1–4./1195*

114. Adriano, D.C. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals/ D.C. Adriano – New York: Springer, 2001. – 867 p.

115. Alejandro, S. Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation / Alejandro S., Höller S., Meier B., Peiter E.// *Frontiers in Plant Science*. – 2020– 11. – DOI: 10.3389/ fpls.2020.00300.

116. Antón–Herrero, R. New Uses of Treated Urban Waste Digestates on Stimulation of Hydroponically Grown Tomato (*Solanum lycopersicon L.*)/ R. Antón–Herrero, C. García–Delgado, M. Alonso–Izquierdo, J. Cuevas, N. Carreras, B. Mayans, R. Camacho–Arévalo & E. Eymar.//*Waste and Biomass Valorization* – 2020.– 12(4) – P. 1877–1889.

117. ATSDR. Toxicological profile of nickel. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. B; – 2005.

118. Barman, M. Sorption and desorption of nickel in soils in relation to its availability to plants / M. Barman, S.P. Datta, R.K. Rattan, M.C. Meena // *Agrochimica*. –2013; –57. – P.235–249.

119. Bencko, V. Nickel: a review of its occupational and environmental toxicology / V. Bencko//*Journal of hygiene, epidemiology, microbiology, and immunology*. – 1983. – Т. 27. – №. 2. – С. 237–247.

120. Bennett, B.G. Exposure of man to environmental nickel—an exposure commitment assessment / B.G. Bennett // *Sci. Total Environ* – 1982;22(3)– P.203–212

121. Bhat, M.A. Soil and Mineral Nutrients in Plant Health: A Prospective Study of Iron and Phosphorus in the Growth and Development of Plants / M.A. Bhat A.K. Mishra, S.N. Shah, S. Jan, S. Rahman, K.–H. Baek, A.T. Jan // *Curr. Issues Mol. Biol.* 2024, 46, 5194–5222. – DOI:10.3390/cimb46060312

122. Brown, P.H. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. / P.H. Brown, R.M. Welch, E.E. Cary // *Plant Physiol.* – 1987. – 85. – P.801–803.

123. Cempel, M. Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology/ M. Cempel, G. Nikel // *Polish Journal of Environmental Studies*, 2006. – 15, – P.375–382.

124. Chau, Y. K. Occurrence of nickel in the Canadian environment / Y. K. Chau, & O. T. R. Kulikovsky–Cordeiro // *Environmental Reviews*, – 1995. – 3(1), 95–120.

125. Chorna, V.I. The Role of Mobile Compounds Iron In The Profiles Technologically Disturbed Soil / V.I. Chorna, I.V. Wagner // *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine.* – 2016. – №6. – DOI: 10.31548/DOPOVIDI2016.06.003.

126. Colombo, C. Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes /C. Colombo, G. Palumbo, JZ. He, et al. // *Soils Sediments*, – 2014. – P. 538–548 (2014).

127. Connorton, J.M. Iron homeostasis in plants – a brief overview/ J.M. Connorton, J. Balk, J. Rodríguez–Celma, // *Metallomics.* – 2017 – 9(7). – P. 813–823.

128. Corneanu, M., Biological properties and fruit quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars from Romanian assortment/ M. Corneanu, E. Iurea., S. Sîrbu // *Agronomy Research.* – 2020. –18 (4). – P. 2353–2364. – DOI: 10.15159/AR.20.231

129. Degtyarjov, V.V. Relationship between humus condition indicators and mobility of heavy metals in chernozems/ V.V. Degtyarjov, O.Yu. Chekar // *AgroChemistry and Soil Science.* – 2020. – Vol. 90. – P. 4-12.

130. D'Souza, R. Dynamics of Trace Element Bioavailability in Soil. / R. D'Souza, P.J.C. Favas, M. Varunand, M.S. Paul // *In Medical Geology* (eds M.N.V. Prasad and M. Vithanage). – 2023. – P. 203–216.

131. Duke, J. M. Production and uses of nickel // *Nickel in the environment.* Wiley, New York. – 1980. – C. 51–65.

132. Elbana, T.A. Mobility of Trace Elements in Agricultural Soils /T.A Elbana, M.Naeem, J.F.J. Bremont, A.A. Ansari, S.S. Gill // *Agrochemicals in Soil and Environment.* Springer, Singapore. – 2022. – P. 253–275

133. Fabiano, C. Essentiality of nickel in plants: A role in plant stresses/ Fabiano C., Tezotto T., Favarin J. L., Polacco J.C., Mazzafera P. // *Frontier Plant Sciences.* – 2015. – Vol. 6. – 754.

134. Fonseca, L.R.S. Sweet Cherries as Anti–Cancer Agents: From Bioactive Compounds to Function / L.R.S. Fonseca, G.R. Silva, Luís Â., Cardoso H.J., Correia S., Vaz, C.V. Duarte, A.P., Socorro, S. // *Molecules* – 2021, – 26, – 2941.
135. Formentini, T.A. Copper (Cu) speciation in organic–waste (OW) amended soil: Instability of OW–borne Cu(I) sulfide and role of clay and iron oxide minerals. / T.A. Formentini., I. Basile–Doelsch, S. Legros, A.J. Friedrich, A. Pinheiro, C.V.S Fernandes, F.J.K. Mallmann, D. Borschneck, E. Doelsch // *The Science of the total environment*. – 2022. – Vol.848.
136. George, R. Zinc for Crop Production / R. George, M. Schmitt // *Regents of the University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA, 2002.*
137. Hänsch, R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) / R. Hänsch, R.R. Mendel // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2009. – 12. – P.259–266.
138. Hooda, P. Trace Elements in Soils. First ed./ P. Hooda// – Chichester: John Wiley Sons Ltd, 2010. – 596 p.
139. Hussain, S.Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T.A. Grapes (*Vitis vinifera*)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In: *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas* / S.Z. Hussain, B. Naseer, T. Qadri, T. Fatima, T.A. Bhat //Springer, Cham. – 2021, – P.103–115.
140. Jain, V. Fundamentals of plant physiology. Tenth revised and enlarged edition. S. / V. Jain //Chand and Company LTD. Ram Nagar, New Delhi, 2007. – P.167–171.
141. Jalali, M. Competitive adsorption of trace elements in calcareous soils of western Iran / M. Jalali, S. Moharrami // *Geoderma*. – 2007. – Vol. 140. – P.156–163.
142. James, A.A. Review on the Influence of Fertilizers Application on Grape Yield and Quality in the Tropics/ A. James, Athuman Mahinda, Andekelile Mwamahonje, E.W. Rweyemamu, E. Mrema, K. Aloys, E. Swai, F. J. Mpore, C. Massawe // *Journal of Plant Nutrition*. – 2022. – 46 (12). – P. 2936–2957.
143. Jayara, A.S., Micronutrients: Role in Plants, their Spatial Deficiency and Management in Indian Soils: A Review / Jayara, A.S., Pandey S., Kumar R.// *Agricultural Reviews*. – 2023 – 44(2). – P. 199–206.
144. Kabata–Pendias, A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. / A. Kabata–Pendias//N.Y.: Taylor and Francis Group Publishers LLC, 2011. – 505 p.
145. Keller, M. The Science of Grapevines. / M. Keller //Academic Press, 2020. – P. 554
146. Khan, N.H. Accumulation and Translocation of Micro–Nutrients in Soil and Plants of Orchard and Non–Orchard Fields / N.H. Khan, M. Nafees, T. Saeed, A.

Khan, A. Bashir // *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. – 2020. – 63(3). – P.187–198.

147. Kumar, J. Nickel availability, deficiency and toxicity in soils and plants: A review / J. Kumar // *Int J Appl Res*, – 2023 – 9(8) – P. 265–272.

148. Lindsay, W.L., Schwab A.P. The chemistry of iron in soil and its availability to plants/ W.L. Lindsay // *Plant Nutr*. – 1982. – V.5. – P. 821–840.

149. Logan, E.M. Mackenzie. Complexation of  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  by peat and humic acid. / E.M. Logan, I. D. Pulford, G.T. Cook // *Eurasian J. Soil Sci*. – 1997. – 48. – P. 685–696.

150. Magarey, R.C. Reduced productivity in long term monoculture: where are we placed / R.C. Magarey // *Australasian Plant Pathology*. – 1999. – 28. – P. 11–20.

151. Makuch–Pietraś, I., Wójcikowska–Kapusta, A. Forms of Copper in the Aspect of Anthropogenic Changes in the Profiles of Horticultural Soils in the Cities of South–Eastern Poland / I. Makuch–Pietraś, A. Wójcikowska–Kapusta // *Applied Sciences*. – 2021. – 11(19).

152. Massoura, S.T. Control of nickel availability by nickel bearing mineral in natural and anthropogenic soils / S.T. Massoura, G. Echevarria, T. Becquer, J. Ghanbaja, E. Leclerc Cessac, J.L. Morel // *Geoderma*. – 2006. – 136. – P. 28–37.

153. McCune, L.M. Cherries and Health: A Review / L.M. McCune, C. Kubota, N.R. Stendell–Hollis, C.A. Thomson // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2010. – 51(1). – P. 1–12.

154. McGrath, S.P. Long–term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants / S.P. McGrath, A.M. Chaudri, K.E. Giller // *J Ind Microbiol Biotechnol*. – 1995. – 14. – P. 94–104.

155. Mousavi, S.M. Geochemical fractions and phytoavailability of Zinc in a contaminated calcareous soil affected by biotic and abiotic amendments / S.M. Mousavi, B. Motesarezadeh, H.M. Hosseini // *Environ Geochem Health*. – 2018. – P. 1221–1235.

156. Naumova, L.G. Study of grape varieties of interspecies origin in the conditions of Rostov region / L.G. Naumova, V.A. Ganich // *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. – 2023. – No. 4. – P. 24–31.

157. Noémie, V. From bud formation to flowering: transcriptomic state defines the cherry developmental phases of sweet cherry bud dormancy / V. Noémie, F. Mathieu, J.A. Campoy, M. Tong, M. Arkoun, J.C. Yvin, P.A. Wigge, E. Dirlwanger, S. Cortijo, B. Wenden // *BMC Genomics*. – 2019. – 20(1). – P. 1–23. – DOI: 10.1186/S12864–019–6348–Z.

158. Nuzhat, A. Biogeochemical behavior of nickel under different abiotic stresses: toxicity and detoxification mechanisms in plants / A. Nuzhat, A. Muhammad, M. Behzad, G. Abbas, M. Shahid, M. Imran, M. Naeem, N. Khan Niazi // *Environ Sci Pollut Res.* – 2019. – P. 10496–10514.

159. Palansooriya, K.N. Soil amendments for immobilization of potentially toxic elements in contaminated soils: A critical review / K.N. Palansooriya, Y.S. Ok, J.W. Lim, K.H. Lee, K.R. Bolan, S.X. Wang, D.C.W. Tsang, Y.F. Tsang // *Environment International.* – 2020. – Vol. 134. – P. 105046.

160. Pereira, S. Cracking in Sweet Cherry Cultivars Early Bigi and Lapins: Correlation with Quality Attributes / S. Pereira, V. Silva, E. Bacelar, F. Guedes, A.P. Silva, C. Ribeiro, B. Gonçalves // *Plants.* – 2020. – Vol. 9. – №11. – C. 1557.

161. Prundeanu, I.M. Trace elements and the anthropic influence on their distribution in soils from apple orchards, Fălticeni and Sârca fruit-growing areas (Romania) / I.M. Prundeanu, O.G. Iancu, N. Buzgar, S. Ionuț // *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences.* – 2013. – Vol. 8. – №2. – P. 123–132.

162. Rahman, A. Role of Micronutrients in Crop Production / A. Rahman, J. Sofi Ahmad, I. Javeed, T. Malik Hussain, S. Nisar // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* – 2020. – Vol. 11. – P. 2265–2287.

163. Rattan, R.K. Mineral Nutrition in Plants / R.K. Rattan, N.N. Goswami // В кн.: Goswami, N.N., Rattan, R.K., Dev, G., Narayanasamy, G., Das, D.K., Sanyal, S.K., Pal, D.K., Rao, D.L.N. *Fundamentals of Soil Science.* – 2. – Indian Society of Soil Science, 2012. – P. 349–385.

164. Rehm, G. Copper for crop production / G. Rehm, M. Schmitt // *Journal Soil Science Plant Nutrition.* – 2009. – Vol. 10. – №4. – P. 470–481.

165. Sagwal, A. Essentiality of Micronutrients in Soil: A Review / A. Sagwal, P. Wadhwa, Shubham, S. Kaushal // *International Journal of Plant Soil Science.* – 2023. – Vol. 35. – №24. – P. 56–65.

166. Šahinović, E. Manganese pollution in agricultural soils with implications for food safety / E. Šahinović, H. Čivić, S. Murtić // *Agriculture and Forestry.* – 2019. – Vol. 7. – P. 31–36.

167. Sala, F. Analysis of Vine Nutrition and Productivity Based on Statistical Indicators / F. Sala, D. Camen, M.V. Herbei, C. Blidariu // *Horticulturae.* – 2024. – Vol. 10. – №4. – P. 397.

168. Shaheen, S.M. Biosolids application affects the competitive sorption and lability of cadmium, copper, nickel, lead, and zinc in fluvial and calcareous soils / S.M. Shaheen, V. Antoniadis, E.E. Kwon, J.K. Biswas, H. Wang, Y.S. Ok, J. Rinklebe // *Environmental Geochemistry and Health.* – 2017. – Vol. 39. – P. 1365–1379.

169. Sharma, B.D. Forms and Uptake of Manganese in Relation to Soil Taxonomic Orders in Alluvial Soils of Punjab, India / B.D. Sharma, O.P. Choudhary, J.K. Chanay, P.K. Singh // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. – 2016. – Vol. 47. – №3. – P. 313–327.

170. Singh, B.R. Safety of food crops on land contaminated with trace elements / B.R. Singh, S.K. Gupta, H. Azaizeh, S. Shilev, D. Sudre, W.Y. Song, E. Martinoia, M. Mench // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2011. – Vol. 91. – №8. – P. 1349–1366.

171. Surányi, D. Comparative analysis of sweet cherry cultivars on their ecological and biological indicators / D. Surányi // *International Journal of Horticultural Science*. – 2022. – Vol. 28. – P. 14–33.

172. Tello, J. Grapes: A Crop with High Nutraceuticals Genetic Diversity / J. Tello, L. Moffa, Y. Ferradás, M. Gasparro, W. Chitarra, R.A. Milella, L. Nerva, S. Savoi // *Compendium of Crop Genome Designing for Nutraceuticals*. – Singapore: Springer Nature, 2023. – P. 1–40.

173. Upadhyay, A. Understanding grape berry development and response to environmental factors through omics approaches / A. Upadhyay, R.R. Samarth, U. Jadhav, N.Y. Kadoo // *Omics in Horticultural Crops*. – Academic Press, 2022. – P. 147–164.

174. Usenik, V. Sweet cherry pomological and biochemical characteristics influenced by rootstock / V. Usenik, N. Fajt, M. Mikulic–Petkovsek, A. Slatnar, F. Stampar, R. Veberic // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – №4. – DOI: 10.1021/JF903755B.

175. Vodyanitskii, Y.N. Natural and technogenic compounds of heavy metals in soils / Y.N. Vodyanitskii // *Eurasian Soil Science*. – 2010. – Vol. 47. – P. 255–265.

176. Vodyanitskii, Y.N. Zinc forms in soils (Review of publications) / Y.N. Vodyanitskii // *Eurasian Soil Science*. – 2010. – Vol. 43. – P. 269–277.

177. Wen, K. Manganese Oxidation States in Volcanic Soils across Annual Rainfall Gradients / K. Wen, O.A. Chadwick, P.M. Vitousek, E.L. Paulus, G. Landrot, R.V. Tappero, J.P. Kaszuba, G.W. Luther, Z. Wang, B.J. Reinhart, M. Zhu // *Environmental Science & Technology*. – 2023. – T. 57. – №1. – P. 730–740.

178. Wood, B.W. Field deficiency of Nickel in trees: Symptoms and causes / B.W. Wood, C.C. Reilly, A.P. Nyczepir, U. Fruit // *Acta Horticulturae*. – 2006. – P. 83–98.

179. Xu, H. Horticultural Practices in Early Spring to Mitigate the Adverse Effect of Low Temperature on Fruit Set in ‘Lapins’ Sweet Cherry / H. Xu, D. Ediger, M. Sharifi // *Plants*. – 2023. – Vol. 12. – P. 468.

180. Zahoransky, T. High manganese redox variability and manganate predominance in temperate soil profiles as determined by X-ray absorption spectroscopy / T. Zahoransky, K. Kaiser, C. Mikutta // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2022. – T. 338. – P. 229–249.

181. Zhang, Z.S. Mn content in soil of Sanjiang Plain under different land use / Z.S. Zhang, X.G. Lü, X.L. Song // *Huan Jing Ke Xue*. – 2011. – Vol. 34. – P. 29–34.

## Приложение

### Приложение 1. Среднее содержание некоторых элементов в биосфере, мг/кг (Виноградов А.П., 1957)

Элемент	Литосфера	Почва	Растения (зола)
Литий (Li)	32	30	11
Бор (B)	12	10	400
Селен(Se)	0,05	0,01	-
Молибден(Mo)	1,1	2	20
Ванадий(V)	90	100	61
Хром(Cr)	83	200	250
Медь(Cu)	47	20	200
Цинк(Zn)	85	50	900
Магний(Mg)	18700	6300	70000
Железо (Fe)	4650	1000-11000	20-80
Кобальт(Co)	18	10	15
Никель(Ni)	58	40	50
Марганец(Mn)	1000	850	750

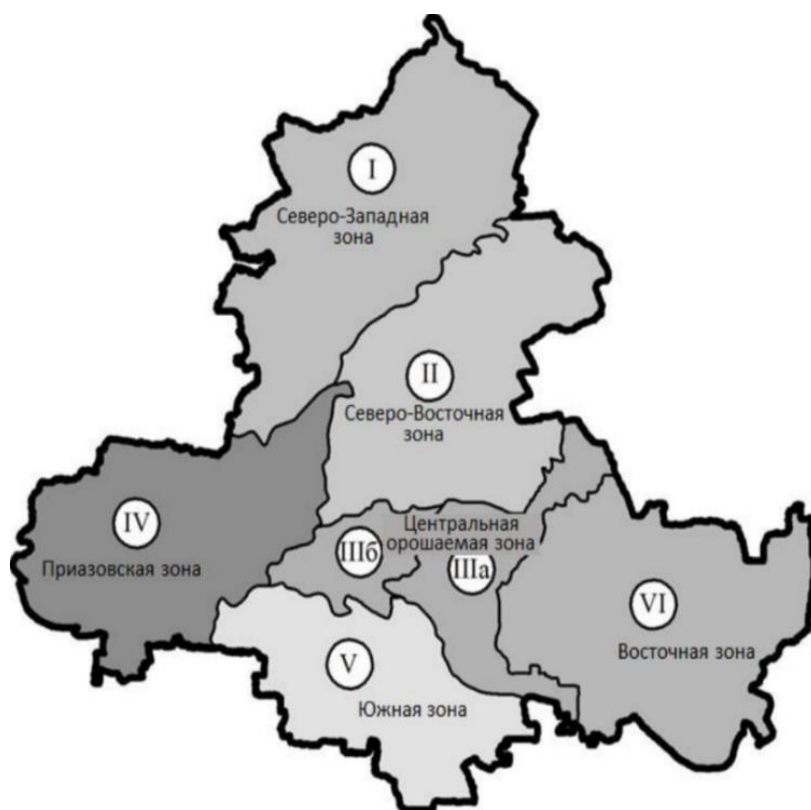
### Приложение 2. Обеспеченность почв микроэлементами для растений разных групп (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4,8) (Гончаренко и др., 2016).

Обеспеченность микроэлементами	Оптимальное содержание микроэлементов, мг/кг почвы		
	Cu (медь)	Mn (марганец)	Zn (цинк)
1-я группа растений: культуры невысокого выноса микроэлементов со сравнительно высокой усваивающей способностью (зерновые и зернобобовые, кукуруза, картофель)			
низкая	< 0,1	< 5	< 1
средняя	0,1-0,2	5-10	1-2
высокая	> 0,2	> 10	> 2
2-я группа растений: культуры повышенного выноса микроэлементов с высокой и средней усваивающей способностью (корнеплоды, овощи, травы, подсолнечник, сады, виноградники)			
низкая	< 0,2	< 10	< 2
средняя	0,2-0,5	10-20	2-5
высокая	> 0,5	> 20	> 5
3-я группа растений: культуры высокого выноса микроэлементов (все перечисленные выше растения при высокой культуре земледелия)			
низкая	< 0,5	< 20	< 5
средняя	0,5-1	20-45	5-10
высокая	> 1	> 45	> 10

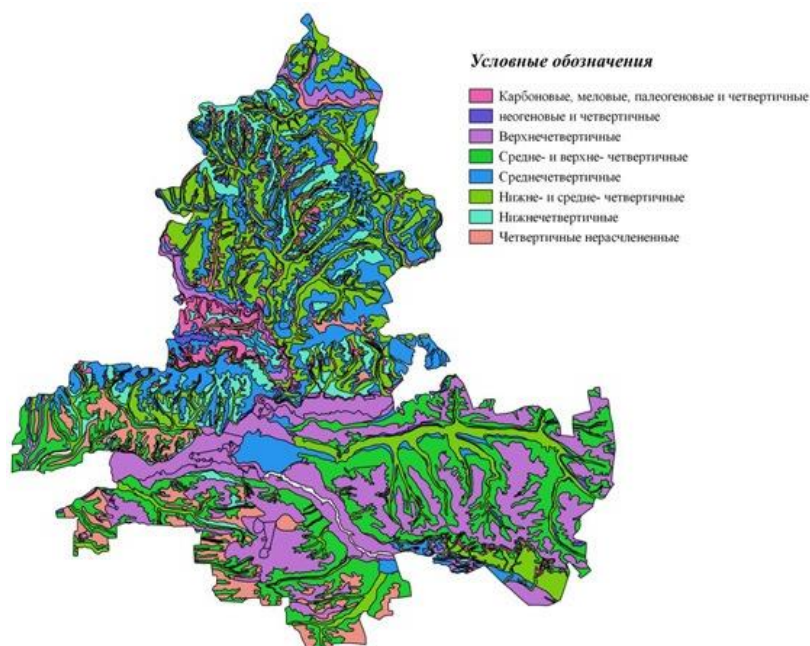
**Приложение 3. Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых в вытяжке ацетатно-аммонийного буферного раствора (рН 4,8) (Методические указания..., 2003).**

Элемент	Градации почв по содержанию микроэлементов, мг/кг		
	низкое	среднее	высокое
Cu (медь)	< 0,20	0,21-0,50	> 0,50
Mn (марганец)	< 10,0	10,0-20,0	> 20,0
Zn (цинк)	< 2,0	2,1-5,0	> 5,0

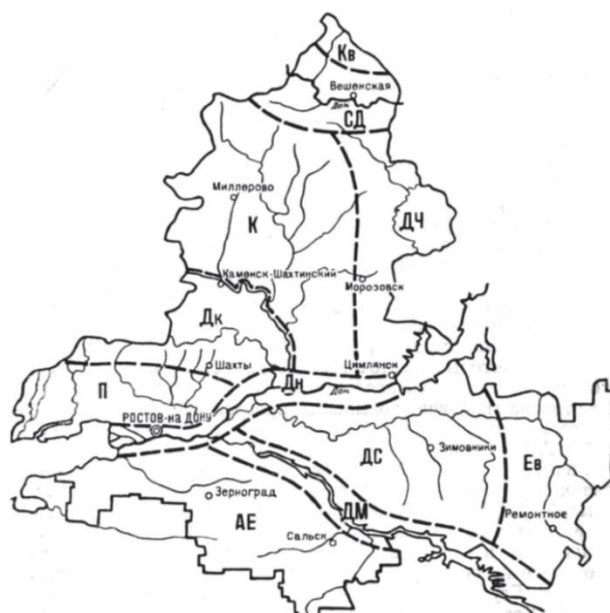
**Приложение 4. Схема расположения природно-сельскохозяйственных зон Ростовской области (Зональные системы земледелия..., 2022)**



**Приложение 5. Векторная карта почвообразующих пород Ростовской области (1:500 000) под редакцией Клименко Г.Г. (Карта почвообразующих пород..., 1977)**



**Приложение 6. Схема ботанико-географических районов Ростовской области по Г.М. Зозулину и Г.Д. Пашкову (Зозулин, Пашков, 1980)**



Обозначения: П — Приазовский; Дк — Донецкий кряж; ДМ — Долина Маныча; Дн — Долина Нижнего Дона; ДС — Доно-Сальский; Ев — Ергенинская возвышенность; Кв — Калачская возвышенность; СД — Северо-Донской; К — Калитвенский; Дч — Доно-Чирский; АЕ — Азово-Егорлыкский

**Приложение 7. Фотографии почвенных разрезов и территории исследования**



Внешний вид почвенного разреза  
чернозема южного ампелоценоза



Исследуемая часть территории  
ампелоценоза



Внешний вид почвенного разреза  
чернозема южного садового  
агроценоза



Исследуемая часть территории  
садового агроценоза

### Приложение 8. Описания почвенных разрезов

Разрез №	1-В						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.395121, 41.191463			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80-95 см.	0-20
А (AU)	10-39	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	39-61	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	61-95	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	95-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	2-В						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.395974, 41.189408		
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднесплодный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80-95 см.	0-20
А (AU)	10-45	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	45-65	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	65-90	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	90-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	3-В						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.396918, 41.187279		
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80-95 см.	0-20
А (AU)	10-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-64	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	64-97	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	97-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	4-B						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.397738, 41.185330		
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80-95 см.	0-20
А (AU)	10-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-60	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	60-89	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	89-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	5-B						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.394231, 41.190929		
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-41	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корневые бусы, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	42-64	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	64-96	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	96-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	6-B						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.395109, 41.188759			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	10-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-65	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	65-95	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	95-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	7-В						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.396023, 41.186538			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-68	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	68-97	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	97-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	8-В						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.396952, 41.184411			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-11	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	11-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-65	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	65-98	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	98-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	9-В						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.393380, 41.190205			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-15	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 75-80 см.	0-20
А (AU)	15-44	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	44-68	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	68-95	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	95-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	10-B						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.394348, 41.188119			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-43	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	43-65	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	65-97	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	97-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	11-B						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.395169, 41.185803		
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корневые бусы, корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-61	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	61-93	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	93-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	12-B						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)	п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.396222, 41.183307						
С/х использование	виноградник (ампелоценоз)						
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-39	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корневые бусы, корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	39-70	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (САТ)	70-98	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (САТ)	98-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (С са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	13-В						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.392345, 41.189553			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	10-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корни, корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-68	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	68-95	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	95-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	14-В						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.393368, 41.187191			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки, корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-44	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корневые бусы, корни, корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	44-65	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	65-90	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	90-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	15-B						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.394191, 41.184996			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	12-40	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корни, корешки, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	40-67	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	67-95	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	95-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	16-B						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.395335, 41.182256			
С/х использование		виноградник (ампелоценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
А (AU)	14-39	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корни, копролиты/ заметный по плотности		20-40
АВ (AU)	39-69	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету		40-60
В (CAT)	69-97	бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	корни, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности		60-80
В са (CAT)	97-125	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка и ходы животных/переход по плотности и по цвету		80-100
С (C са)	125-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	1-Ч						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» 47.432965, 41.195214			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 70 см.	0-20
А (AU)	12-25	темно-серый	тяж. суглинок	зернистая	корешки, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	25-50	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	50-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины, единичные скопления белоглазки/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-90	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	2-Ч						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.433143, 41.191763			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднетяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-11	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корневые бусы/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 72 см.	0-20
А (AU)	11-29	темно-серый	тяж. суглинок	зернистая	корешки, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	29-49	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	49-68	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	68-91	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	91-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	3-Ч						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.433310, 41.188455			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 70-75 см.	0-20
А (AU)	12-31	темно-серый	тяж. суглинок	зернистая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	31-50	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	50-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-90	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	4-Ч						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.433371, 41.184967			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 68-72 см.	0-20
А (AU)	12-30	темно-серый	тяж. суглинок	зернистая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	31-55	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	55-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-90	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	5-Ч						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432720, 41.194365			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 73 см.	0-20
А (AU)	14-35	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	35-50	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	50-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-90	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	6-Ч						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432811, 41.190807			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 75 см.	0-20
А (AU)	12-33	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	33-52	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	52-74	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	74-92	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	92-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	7-Ч						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.433002, 41.187870			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-11	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 70 см.	0-20
А (AU)	11-37	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	37-53	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	53-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-90	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	8-Ч						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.433151, 41.184061		
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднетощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 68 см.	0-20
А (AU)	14-35	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	35-51	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	51-68	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	68-89	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	89-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	9-Ч						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432529, 41.193630			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 71 см.	0-20
А (AU)	10-34	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	34-50	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	50-71	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	71-90	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	90-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	10-Ч						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432722, 41.190270			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 70 см.	0-20
А (AU)	12-35	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	35-52	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	52-70	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	70-92	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	92-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	11-Ч						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432928, 41.186864			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-11	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 73 см.	0-20
А (AU)	11-30	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	30-51	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	51-73	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	73-91	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	91-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	12-Ч							
Дата обследования	июнь 2023							
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)	п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432973, 41.182988							
С/х использование	черешня (садовый агроценоз)							
Признаки эрозии	отсутствуют							
Название почвы	Чернозём южный среднетощий тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный							
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см	
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 74 см.	0-20	
А (AU)	14-32	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40	
АВ (AU)	32-51	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60	
В (CAT)	51-74	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80	
В са (CAT)	74-92	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100	
С (C са)	92-дно	Лессовидный суглинок						

Разрез №	13-Ч						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432342, 41.192606			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-12	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 75 см.	0-20
А (AU)	12-31	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	31-52	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	52-75	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	75-93	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	93-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	14-Ч						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432517, 41.189325			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-11	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 76 см.	0-20
А (AU)	11-33	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	33-54	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	54-76	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	76-95	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	95-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	15-Ч						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)				п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432756, 41.185756			
С/х использование		черешня (садовый агроценоз)					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 77 см.	0-20
А (AU)	14-35	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	35-55	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (CAT)	55-77	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (CAT)	77-95	бурый с белыми краплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (C са)	95-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	16-Ч						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)	п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.432964, 41.182006						
С/х использование	черешня (садовый агроценоз)						
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднетяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-14	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	корешки/переход постепенный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 75 см.	0-20
А (AU)	14-34	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, корневые бусы, копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	34-52	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты, корни и ходы животных/ переход по цвету и плотности		40-60
В (САТ)	52-75	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни древесной растительности, кротовины/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (САТ)	75-94	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	корни, белоглазка /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (С са)	94-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	1-ЧП						
Дата обследования	май 2019						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)	п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.423301, 41.173771						
С/х использование	чистый пар						
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднетяжелосуглинистый на лессовидных суглинках / Агрочернозём текстурно-карбонатный						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
Ап (PU)	0-10	темно-серый	тяж. суглинок	комковато-порошистая	не обнаружено/переход заметный по плотности	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 75 см.	0-20
А (AU)	10-36	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	копролиты/заметный по цвету		20-40
АВ (AU)	36-50	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	копролиты/ переход по цвету и плотности		40-60
В (САТ)	50-69	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни/постепенный по плотности и белоглазке		60-80
В са (САТ)	69-98	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	белоглазка, ходы животных /заметный переход по плотности и цвету		80-100
С (С са)	98-дно	Лессовидный суглинок					

Разрез №	1-Ц						
Дата обследования	май-июнь 2022						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.397583, 41.193329		
С/х использование		целина					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемошный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
A (AU)	0-25	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, единичные корни/заметный по цвету	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 70-75 см.	0-20
AB (AU)	25-55	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	корни, копролиты/переход по цвету и плотности		20-40
B (CAT)	55-72	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни/постепенный по плотности и белоглазке		40-60
B ca (CAT)	72-98	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	белоглазка, ходы животных /заметный переход по плотности и цвету		60-80
C (C ca)	98-120	Лессовидный суглинок					80-100

Разрез №	2-Ц						
Дата обследования	июнь 2023						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.421333, 41.177072		
С/х использование		целина					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднетяжелосуглинистый на лессовидных суглинках						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
A (AU)	0-15	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, единичные корни/заметный по цвету	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 80 см.	0-20
AB (AU)	15-38	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	корни, копролиты/переход по цвету и плотности		20-40
B (CAT)	38-52	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни/постепенный по плотности и белоглазке		40-60
B ca (CAT)	52-87	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	белоглазка, ходы животных /заметный переход по плотности и цвету		60-80
C (C ca)	87-101	Лессовидный суглинок					

Разрез №	3-Ц						
Дата обследования	июнь 2024						
Фактический адрес/географические координаты (широта - N, долгота - E)					п. Зеленолугский, Мартыновский район, Ростовская область, ОАО «Янтарное» / 47.400206, 41.207337		
С/х использование		целина					
Признаки эрозии	отсутствуют						
Название почвы	Чернозём южный среднемошный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках						
Горизонт	Мощность, см	Цвет	Гр. состав	Структура	Новообразования и включения/переход	Вскипание	Глубина взятия образцов, см
A (AU)	0-29	темно-серый	тяж. суглинок	зернисто – комковатая	корешки, единичные корни/заметный по цвету	Слабое вскипание с поверхности почвы. Появление белоглазки на глубине 68 см.	0-20
AB (AU)	29-44	темно-бурый с серым оттенком	тяж. суглинок	зернистая	корни, копролиты/переход по цвету и плотности		20-40
B (CAT)	44-59	светло-бурый с серыми оттенками	тяж. суглинок	комковатая	единичные корни/постепенный по плотности и белоглазке		40-60
B ca (CAT)	59-87	бурый с белыми вкраплениями	тяж. суглинок	комковатая	белоглазка, ходы животных /заметный переход по плотности и цвету		60-80
C (C ca)	87-100	Лессовидный суглинок					

**Приложение 9. Физико-химические и агрохимические свойства чернозема южного при выращивании винограда и черешни**

Культура	Горизонт	Глубина отбора проб, см	Гумус, %	рН <sub>Н2О</sub>	СаСО <sub>3</sub> ,%	Содержание фракций, %	
						<0,01 мм	<0,001 мм
Виноград	№ разрезов: 1-В – 4-В (2019 год)						
	Ап (PU)	0-20	2,8	7,6	1,4	34,0	12,0
	А (AU)	20-40	2,2	7,9	1,7	35,0	13,0
	АВ (AU)	40-60	1,4	8,3	2,3	26,0	24,0
	В (CAT)	60-80	1,2	8,4	3,4	24,0	24,0
	В са (CAT)	80-100	0,6	8,6	5,1	24,0	26,0
	№ разрезов: 5-В – 8-В (2022 год)						
	Ап (PU)	0-20	3,2	7,7	1,2	н/о	
	А (AU)	20-40	2,7	8,1	1,9	н/о	
	АВ (AU)	40-60	1,9	8,4	2,2	н/о	
	В (CAT)	60-80	1,0	8,7	3,2	н/о	
	В са (CAT)	80-100	0,7	8,8	4,8	н/о	
	№ разрезов: 9-В – 12-В (2023 год)						
	Ап (PU)	0-20	2,9	7,5	1,7	35,0	17,0
	А (AU)	20-40	2,5	7,8	2,3	34,0	17,0
	АВ (AU)	40-60	1,9	7,9	3,1	28,0	21,0
	В (CAT)	60-80	1,1	8,2	4,6	28,0	23,0
	В са (CAT)	80-100	0,8	8,4	5,6	27,0	25,0
	№ разрезов: 13-В – 16-В (2024 год)						
	Ап (PU)	0-20	3,7	7,7	0,9	н/о	
А (AU)	20-40	3,4	8,0	1,8	н/о		
АВ (AU)	40-60	1,8	8,2	2,4	н/о		
В (CAT)	60-80	1,1	8,4	3,4	н/о		
В са (CAT)	80-100	0,9	8,5	4,2	н/о		
Черешня	№ разрезов: 1-Ч – 4-Ч (2019 год)						
	Ап (PU)	0-20	3,6	7,1	2,1	34,0	11,0
	А (AU)	20-40	3,4	7,3	2,1	34,0	14,0
	АВ (AU)	40-60	2,1	7,3	7,4	31,0	23,0
	В (CAT)	60-80	1,1	7,5	9,5	26,0	24,0
	В са (CAT)	80-100	0,5	7,7	9,7	25,0	24,0
	№ разрезов: 5-Ч – 8-Ч (2022 год)						
	Ап (PU)	0-20	3,9	7,4	1,8	н/о	
	А (AU)	20-40	3,1	7,5	2,4	н/о	
	АВ (AU)	40-60	2,0	8,0	4,1	н/о	
	В (CAT)	60-80	0,8	8,1	5,6	н/о	
	В са (CAT)	80-100	0,4	8,3	7,7	н/о	
	№ разрезов: 9-Ч – 12-Ч (2023 год)						
	Ап (PU)	0-20	2,9	7,0	2,3	35,0	17,0
	А (AU)	20-40	2,9	7,4	2,8	34,0	17,0
АВ (AU)	40-60	1,5	7,9	3,7	30,0	22,0	
В (CAT)	60-80	0,7	8,1	4,0	29,0	21,0	
В са (CAT)	80-100	0,3	8,5	4,9	25,0	29,0	

## Продолжение приложения 9

	Горизонт	Глубина отбора проб, см	Гумус, %	pH <sub>H2O</sub>	CaCO <sub>3</sub> , %	Содержание фракций, %	
						<0,01 мм	<0,01 мм
	№ разрезов: 13-Ч – 16-Ч (2024 год)						
	Ап (PU)	0-20	3,5	7,7	2,4	н/о	
	А (AU)	20-40	3,3	7,8	2,8	н/о	
	АВ (AU)	40-60	1,8	7,9	3,9	н/о	
	В (CAT)	60-80	0,9	8,2	4,4	н/о	
	В са (CAT)	80-100	0,4	8,4	4,7	н/о	
	Чистый пар	№ разреза: 1-ЧП (2019)					
Ап (PU)		0-20	3,2	7,4	1,1	37,0	18,0
А (AU)		20-40	1,8	7,6	1,9	36,0	18,0
АВ (AU)		40-60	1,0	7,9	3,8	35,0	21,0
В (CAT)		60-80	0,7	8,1	4,5	35,0	23,0
В са (CAT)		80-100	0,6	8,4	6,2	34,0	27,0
Целина	№ разреза: 1-Ц (2022)						
	А (AU)	0-20	4,8	7,6	1,9	н/о	
	АВ (AU)	20-40	3,8	7,7	2,1	н/о	
	В (CAT)	40-60	3,3	8,2	3,9	н/о	
	В са (CAT)	60-80	1,8	8,4	4,0	н/о	
	С (C са)	80-100	0,9	8,6	4,2	н/о	
	№ разреза: 2-Ц (2023)						
	А (AU)	0-20	5,2	7,7	1,1	39,0	17,0
	АВ (AU)	20-40	4,9	7,8	1,4	36,0	18,0
	В (CAT)	40-60	3,6	8,1	1,8	35,0	22,0
	В са (CAT)	60-80	2,4	8,2	2,5	34,0	22,0
	С (C са)	80-100	1,2	8,4	3,1	32,0	25,0
	№ разреза: 3-Ц (2024)						
	А (AU)	0-20	4,0	7,9	1,1	н/о	
	АВ (AU)	20-40	3,9	7,9	1,4	н/о	
В (CAT)	40-60	2,7	8,2	1,8	н/о		
В са (CAT)	60-80	1,1	8,4	2,5	н/о		
С (C са)	80-100	0,8	8,5	3,1	н/о		