

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

На правах рукописи



БОЛДЫРЕВА ВЕРОНИКА ЭДУАРДОВНА

ПРИНЦИПЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО
СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ПОЧВЕННЫХ
ДАТА-ЦЕНТРОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

1.5.19. Почвоведение (биологические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор Безуглова Ольга Степановна

Ростов-на-Дону – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1. История проведения почвенных обследований территории Ростовской области	12
1.2. Физические свойства почв	20
1.2.1. Гранулометрический состав почвы	20
1.2.2. Понятие об ЭПЧ	20
1.2.3. Гигроскопическая влага	22
1.2.4. Специфичность научных исследований с большими массивами данных	23
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ...	26
2.1. Почвенно-климатические условия Ростовской области	26
2.2. Картографические материалы почвенных обследований и почвенно- географические данные	30
2.2. Методы исследования.....	34
2.2.1. Отечественная классификация почв по гранулометрическому составу	34
2.2.2. Определение гранулометрического состава	35
2.2.3. Оцифровка и валидация материалов почвенного обследования Ростовской области	39
2.2.4. Методы работы с данными	44
ГЛАВА 3. ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА	48
3.1. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Ростовской области	48

3.2. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции.....	55
--	----

ГЛАВА 4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ДАТА-ЦЕНТРОВ	69
---	----

4.1. Принципы работы с большими объемами данных.....	69
4.2. Инвентаризация материалов почвенного обследования Ростовской области.....	74
4.2.1. Инвентаризация и верификация почвенно-картографического материала.....	75
4.2.2. Анализ данных гранулометрического состава черноземов обыкновенных.....	82
4.2.2.1. Анализ данных гранулометрического состава верхних горизонтов черноземов обыкновенных	82
4.2.2.2. Анализ данных гранулометрического состава нижних горизонтов черноземов обыкновенных	85
4.2.2.3. Анализ данных гигроскопической влажности черноземов обыкновенных.....	93
4.3. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных Ростовской области.....	95
4.3.1. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных Ростовской области	95
4.3.1.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных Ростовской области	95
4.3.1.2. Гранулометрический состав нижних горизонтов черноземов обыкновенных Ростовской области	97
4.3.2. Гранулометрический состав по почвенным районам Ростовской области.....	99
4.3.2.1 Гранулометрический состав верхних горизонтов по почвенным районам Ростовской области.....	99

4.3.2.2. Гранулометрический состав нижних горизонтов по почвенным районам Ростовской области.....	102
4.3.3. Северо-Приазовский район	104
4.3.3.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных карбонатных.....	104
4.3.3.2. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных карбонатных (горизонт С).....	107
4.3.4. Азово-Кубанский район.....	110
4.3.4.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных.....	111
4.3.4.2. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных (гор. С)	113
4.4 Статистическая обработка данных гранулометрического состава почв Ростовской области	118
4.4.1. Анализ распределения данных физической глины черноземов обыкновенных Ростовской области	120
4.4.2. Анализ физической глины: основные статистические показатели	122
4.4.3. Анализ распределения данных гигроскопической влаги черноземов Ростовской области	125
4.5. Применение информации о гранулометрических свойствах почвы в задачах почвенно-экологических и почвенно-грунтовых изысканий	129
4.5.1. Корректировочное обследование. Гранулометрический состав ..	130
4.5.2. Для производства почвенных экспертиз.....	132
4.5.2.1. Решение однотипных экспертных задач.....	132
4.5.2.2. Анализ конкретной экспертной задачи	140
4.5.3. Использование в учебной и научно-исследовательской работе..	143
ВЫВОДЫ.....	147
Список литературы	149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Базы данных (БД) состава и свойств почв используются в работе организаций разного направления в ряде регионов Российской Федерации, начиная от уровня хозяйств и административных районов, до создания Почвенно-географической базы данных (ПГБД) России и единой БД международного сообщества (Шоба и др. 2011; Рожков, 2014; Голозубов и др., 2015; Столбовой, Молчанов, 2015; Куликова, Куликов, 2018; Литвинов, 2018). Их информация применяется для решения задач агрохимического, агроэкологического мониторинга, мелиоративного почвоведения, для исследования антропогенного влияния и ведения реестра имеющихся сведений о различных почвенных свойствах, в том числе данных по гранулометрическому составу. БД помогают структурировать большие объемы разнородной информации – от классификационно-значимых свойств и признаков, до агрохимических картограмм, карт агропроизводственных групп, идентификации эрозионно-опасных земель. Отсюда вытекает актуальность и важность принципов составления, пополнения, структурирования и интерпретации БД, в том числе, и может даже прежде всего в отношении такого сложного и интегрального показателя почв, как их гранулометрический состав.

Устойчивость гранулометрического состава, как «скелета почвы», его интегральный (матричный) характер обуславливает важную роль этого показателя в решении экспертных задач. Наличие большого массива таких данных предполагает возможность изучения состава и состояния почв с большей достоверностью, проведения исследований любого количества параметров в их взаимовлиянии одновременно.

Цель: интерпретация данных гранулометрического состава черноземов по материалам почвенных дата-центров Ростовской области.

Задачи:

1. Провести анализ методик определения гранулометрического состава с целью стандартизации сбора, хранения и обмена данными в региональном почвенном дата-центре.
2. Провести инвентаризацию, оцифровку и валидацию данных о гранулометрическом составе черноземов, используя актуальные данные и архивные материалы средне- и крупномасштабного почвенного обследования Ростовской области.
3. Провести диагностику гранулометрического состава черноземов с применением методов цифровой почвенной картографии на основе анализа и обобщения разновременных данных почвенных дата-центров Ростовской области с использованием предлагаемой системы принципов интерпретации.

Научная новизна исследований. Впервые для черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области выполнен сравнительный анализ данных гранулометрического состава по четырем методам с целью разработки стандартов сбора, хранения и обмена информацией о физических свойствах почв в региональном почвенном дата-центре (РПДЦ). Доказано, что результаты, получаемые полевым и пипет-методом имеют сходимость в пределах текстурного класса.

Для использования ареометрического метода (ГОСТ 12536-2014) в почвоведении нами модифицирован способ подготовки почвы к анализу: предложено увеличить количество пептизатора (пирофосфата натрия) в 12 раз.

Разработана система принципов для интерпретации больших массивов данных на примере гранулометрического состава чернозёмов обыкновенных Ростовской области. На основе системы этих принципов с привлечением разнородных почвенно-картографических материалов РПДЦ на большом массиве данных гранулометрического состава впервые:

- проведена инвентаризация имеющейся разрозненной архивной почвенной информации о гранулометрическом составе почв Ростовской области, в процессе

которой установлено, что 56% данных представлено черноземами обыкновенными и южными, в соотношении 53,6 % и 46,4% соответственно;

- установлены закономерности содержания физической глины в границах почвенных разновидностей как для черноземов обыкновенных Ростовской области в целом, так и для черноземов обыкновенных карбонатных (североприазовских): показано, что для содержания физической глины в черноземах разного гранулометрического состава в целом для области, и отдельно по почвенным районам наблюдается тенденция увеличения количества образцов у границы классов суглинков и глин – 60%;

- рассчитан среднестатистический гранулометрический состав общий (без разделения на разновидности) и отдельно по каждому текстурному классу (почвенной разновидности). Установлено, что независимо от почвенной разновидности преобладающими являются две фракции – крупно-пылеватая и илистая. Вклад фракций в физическую глину составляет 17-27-56 % для средней, мелкой пыли и ила, соответственно. С утяжелением гранулометрического класса уменьшается вклад пылеватых частиц в пользу ила;

- доказано наличие корреляционной связи между гранулометрическим составом и содержанием гигроскопической влаги (ГВ) для черноземов обыкновенных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Получение объективной информации по гранулометрическому составу черноземов обыкновенных возможно только при использовании метода пипетки, как с пирофосфатной подготовкой образцов к анализу, так и с кислотнo-щелочной. Интерпретация с использованием классификации Н.А. Качинского позволяет отнести исследуемые образцы в один текстурный класс, и согласуется с результатами полевого определения и ареометрического метода при условии модификации последнего на этапе подготовки почвы к анализу. Результаты, полученные методом лазерной дифракции, также имеют ценность, обеспечивая полноту данных, но в настоящий момент их использование в почвоведении затруднительно из-за отсутствия соответствующих классификационных шкал.

2. По содержанию физической глины в наиболее распространенных разновидностях черноземов обыкновенных (тяжелосуглинистых и легкосуглинистых) наблюдается тенденция к увеличению количества образцов у верхней границы суглинков и нижней границы глин, что вероятно характеризует стремление системы к равновесному (устойчивому) состоянию, когда содержание физической глины составляет 60%. Независимо от почвенной разновидности преобладающими являются две фракции – крупно-пылеватая и илистая. Внутри физической глины с утяжелением гранулометрического состава уменьшается вклад пылеватых частиц в пользу ила.

3. Совокупность предложенных принципов интерпретации больших массивов данных, апробированных на примере гранулометрического состава черноземов обыкновенных Ростовской области, обеспечивает всесторонность, полноту и объективность информации, заложенной в БД, и эффективность её использования в практических целях. Эти принципы представляют собой систему последовательных действий: «Логико-терминологический анализ → Контекстность данных → Проверка и подтверждение данных → Полнота информации → Систематизация и обобщение (получение информации более высокого порядка)».

Теоретическая значимость. Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке принципов интерпретации больших объемов данных применительно к гранулометрическому составу черноземных почв Ростовской области. В их основе *лежит логико-терминологический подход*, обеспечивающий объективность анализа и верификации результатов. Обоснована необходимость учета *контекстности данных*, поскольку на этапе получения и накопления данные проходят через субъективные и объективные фильтры, отражающиеся на выборке даже при самых строгих стандартизированных методах определения. Принципиальна также обязательность *проверки и подтверждения данных* на предварительных этапах составления баз данных, так как наличие ошибок может впоследствии привести к неправильной интерпретации информации. Качественное диагностирование и получение достоверных

результатов возможно только по достижении определённой полноты данных, что может обеспечить работа со всеми возможными источниками информации при анализировании проблемы. *Систематизация и обобщение* позволяют получить информацию более высокого порядка.

Практическая значимость. Апробировано использование базы данных в части информации по гранулометрическому составу черноземов обыкновенных Ростовской области для корректировочного почвенного обследования, что способствует повышению эффективности работ при экономии людских и материальных ресурсов. Разработанные принципы и полученные в ходе их проверки результаты применяются в процессе производства почвенных экспертиз.

Произведен сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв, и даны рекомендации по способу подготовки почвы к ареометрическому анализу (ГОСТ 12536 – 2014) с целью минимизации различий с пипет-методом.

Результаты выполненных исследований используются при чтении курсов «Физика почв», «Судебно-почвоведческая экспертиза», и онлайн курса «Геоинформационные системы в сельском хозяйстве». Материалы по среднестатистическому гранулометрическому составу используются для верификации данных, полученных в процессе учебной и научной деятельности.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертационной работы были представлены на международных и всероссийских конференциях. Международный симпозиум “Soil Science & Plant Nutrition”, Турция, 2021; Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении, Барнаул, 16–21 августа 2022; VIII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Сыктывкар, 2022; «Рациональное землепользование: оптимизация земледелия и растениеводства», Курск, 2021; «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего», Санкт-Петербург, 2021; «Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса», Нижний Новгород, 2021; «Ломоносов», Москва, 2011, 2013, 2020; «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», Ростов-на-Дону, 2020; «Фундаментальные

концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы», Москва, 2019; Республиканская научная конференция, Узбекистан, Фергана, 2019; «Никитинские чтения», Пермь, 2019; «Современное состояние черноземов», Ростов-на-Дону, 2013, 2018; «Докучаевские молодежные чтения», Санкт-Петербург, 2013; VI съезд общества почвоведов им. В. В. Докучаева, Петрозаводск, 2012;

Публикации. По результатам исследований опубликовано 27 научных работ, из них 3 статьи в изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus, 5 работ входит в Перечни рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК, 1 работа входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК и 4 свидетельства о регистрации на программные продукты и базы данных.

Личный вклад в работу. Заключается в формировании целей и задач исследования, участии в теоретической работе по созданию РПДЦ, а также обработке и подготовке материалов для его формирования – инвентаризация, векторизация и семантический анализ данных. Автором интерпретированы полученные результаты, сформированы выводы и перспективы использования почвенно-географических данных. Диссертация является результатом многолетних исследований (2011–2023).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы. Работа содержит 169 страниц текста, 35 таблиц и 44 рисунка. Список литературы содержит 172 источник, из них 43 на иностранных языках.

Финансовая поддержка исследования. Исследования проводились при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029), мегагрант для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых Министерства науки и высшего образования РФ «Биореставрация загрязненных почвенных экосистем», соглашение № 075-15-2022-1122, 2022-2024 гг.; а также по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-

технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (МГУ им. М. В. Ломоносова, проект АААА-А20-120010990033-4): «Технология интеграции природно-почвенной информации центров Агрохимической службы в распределенную Информационную систему «Почвенно-географическая база данных России» для оперативного управления земельными ресурсами на региональном и федеральном уровнях» (2019–2020 гг.).

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность за помощь в работе, консультации и замечания научному руководителю, д.б.н. О. С. Безугловой; особенную признательность автор выражает доценту И. В. Морозову за обсуждения, консультации, существенные разъяснения и комментарии. Автор искренне признателен Ю. А. Литвинову за множество ценных замечаний и постоянное внимание к работе, а также всем сотрудникам кафедры почвоведения и земельных ресурсов Южного федерального университета за поддержку на всех этапах выполнения работы. Бакалаврам, магистрам и аспирантам за участие в подготовке и оцифровке архивных материалов. Соавторам по созданию баз данных и программного обеспечения И.О. Алябиной, О.М. Голозубову, Ю.А. Литвинову, Е.Н. Минаевой, А.В. Пулину, О.С. Безугловой, О.Г. Назаренко, И.В. Морозову, Т.М. Минкиной, Е.М. Цвылеву, Н.В. Кайдаловой, А.А. Меженкову, Д.О. Голозубову, А.А. Полещук.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. История проведения почвенных обследований территории Ростовской области

Способы интерпретации данных гранулометрического состава изучали на основе архивных и актуальных сведений по черноземам Ростовской области (РО). Систематические работы по изучению почвенного покрова Донского края были начаты в 30-е годы прошлого столетия, итогом этих исследований стала большая монография о почвах РО под редакцией профессора С. А. Захарова (1940). Однако почвы региона интересовали исследователей задолго до этого периода. В частности, почвы донских степей привлекли внимание В. В. Докучаева, и информация об этом есть в «Русском черноземе» (Докучаев, 1945). Большую роль в развитии регионального почвоведения сыграла статья Л. И. Прасолова (1916), доказывающая уникальность почв приазовских степей, на основании чего ученый предложил выделять эти почвы на уровне подтипа как приазовские черноземы.

Исследованию и картографированию почвенного покрова Нижнего Дона и Северного Кавказа посвятили свою работу такие известные ученые как В. В. Докучаев, С. А. Захаров, Е. С. Блажний, Я. Я. Витынь, Ф. Я. Гаврилюк, С. В. Зонн, И. З. Имшенецкий, К. С. Кириченко, В. А. Ковда, М. А. Орлов, А. М. Панков, Б. Б. Польшов, Л. И. Прасолов, Е. В. Рубилин, К. И. Трофименко, С. И. Тюремнов (Крыщенко, 1995, 2007; Безуглова, 2008).

Федором Яковлевичем Гаврилюком (1955) было выделено 3 периода в истории почвенно-географических исследований России:

- 1) с 1773 по 1878 года – додокучаевский;
- 2) с 1979 – 1900 года – докучаевский;
- 3) с 1900 года – последокучаевский. Вслед за Ф.Я.Гаврилюком и другие ученые стали придерживаться этой периодизации (Виленский, 1958; Иванов, 2003; Безуглова, 2008).

В додокучаевский период, то есть с 1773 по 1878 годы, упоминания о почвах региона можно найти в работах известных ученых-натуралистов: И. А. Гильденштедта, П.-С. Палласа, А. Шторха. Описательный характер методов

изучения почв на ранних этапах не позволил получить хотя бы приближенные к реальности представления о географии почв (Гаврилюк, 1955; Крупеников, 1981; Иванов, 2003; Строганова, 2008).

Вошедшая в отечественную историю науки «академическая» экспедиция, общим руководителем которой считался академик Петр-Симон Паллас, проходила в период 1768–1774 гг. Экспедиция по территории России была разбита на несколько отрядов, которые возглавляли молодые талантливые ученые своего времени, они стремились исследовать природные богатства и дать оценку перспективам экономического освоения новых территорий: П.-С. Палас, И. И. Лепехин, С. Г. Гмелин и И. А. Гильденштедт, каждый из них имел конкретную задачу.

Вольное экономическое общество рекомендовало исследовать технологии разработки месторождений полезных ископаемых, особенности развития и ведения сельского хозяйства, перспективы торговли в южных районах, особенно пригодных для развития виноградарства, болезни жителей исследуемых территорий и влияние на их здоровье минеральных и иных водных источников. (Ткаченко, 2014).

Знаковым периодом для развития знаний о почвах РО стал Докучаевский период (1878–1900 гг.). Этот период открывает первая экспедиция В. В. Докучаева на Северный Кавказ в 1878 г. Итогом исследований стали работы, по описанию условий почвообразования и почвенного покрова, дополнения карты черноземов Европейской России (1883 г.), связанные с выделением территорий черноземов, различающихся содержанием гумуса – Нижний Дон и Ставропольское плато, Пятигорье (Литвинов, 2018).

По итогам изучения почв Кавказа В. В. Докучаев открыл закон о вертикальной зональности почв (1899): «Так как вместе с поднятием местности всегда закономерно изменяется климат, и растительный, и животный мир — эти важнейшие почвообразователи, то само собой разумеется, что так же закономерно должны изменяться и почвы по мере поднятия от подошвы гор... к их снежным вершинам, располагаясь в виде тех же последовательных, но уже не

горизонтальных, а вертикальных зон» (цит. по Ковда, Розанов, 1988, с. 292). Еще одним важным следствием этих исследований стало составление первой почвенной карты Кавказа (Гаврилюк, 1983).

Последокучаевский период изучения почвенного покрова региона продолжили ученики и последователи В. В. Докучаева: С. А. Захаров, Е. С. Блажний, Я. Я. Витынь, И. З. Имшенецкий, К. С. Кириченко М. А. Орлов, А. М. Панков, Б. Б. Полынов, Л. И. Прасолов, С. И. Тюремнов, С. А. Яковлев, В. А. Ковда, С. В. Зонн и др. (Гаврилюк, 1983).

Вначале крупномасштабное обследование сельскохозяйственных земель проводилось специалистами в области почвоведения из числа сотрудников кафедр высших учебных заведений. Однако вскоре началось формирование землеустроительных отделов. Организация почвенных бюро, отрядов и экспедиций в 1928 г. в составе земельных отделов стала переломным моментом в картографировании почв региона и страны. Объем почвенных съемок составил более 100 млн га, в работе было задействовано около 700 специалистов почвоведов (Литвинов, 2018).

Под руководством и методическим сопровождением Почвенного института им. В. В. Докучаева и НИИ почвоведения Московского университета в 1939 г. была разработана методика по проведению крупномасштабного картирования и обследования почв. Нововведения методики включали составление картограмм по агрохимическим свойствам с учетом мелиоративных рекомендаций и противоэрозионных мероприятий (Иванов, 2003).

Сергей Александрович Захаров в своих фундаментальных трудах по изучению почвенных свойств РО описывал особенности черноземов РО и Северного Кавказа, их генезис и процесс почвообразования, выделил подтипы черноземов: обыкновенный, тучный, каштановый. С. А. Захаровым были изучены особенности условий черноземной и каштаново-бурой зон, установлено, что баланс влаги для растений удовлетворяется в основном за счет запасов влаги в зимний и весенний периоды. С. А. Захаров основал кафедру почвоведения в

Ростовском университете, под его руководством была сформирована Ростовская школа почвоведения (Крыщенко, 1995).

Л. И. Прасолов (1916), выделил подтип приазовских черноземов и обосновал третий закон географии почв – о почвенных провинциях. Интенсивность работ по крупномасштабному картографированию увеличилась в предвоенный период. С. А. Захаров, А. М. Панков, С. И. Тюремнов, И.А. Шульга и их ученики участвовали в составлении почвенных карт крупного масштаба почти для всего региона, но материалы были утеряны во время войны. Самым крупной потерей стало уничтожение монографии о почвах РО (4 тома, почвенная карта (1940) (Крыщенко и др., 2007).

Эти годы характеризуются и как период интенсификации почвообразовательных процессов под воздействием человека – ряда мероприятий, за которыми последовали масштабные изменения в почвенном покрове региона: освоение залежных и целинных земель, возведение полезащитных лесных полос, строительство Цимлянского водохранилища и системы каналов. Почвенная карта РО под редакцией проф. С. А. Захарова (1939) стала итогом этого периода изменений и преобразований. Она отражает исходные почвенные условия области, и на ней зафиксированы некоторые итоги антропогенных преобразований. Карта содержит 1225 почвенных контуров, а легенда – 56 условных обозначений. Карта была утеряна в годы войны и в 1964 воссоздана с внесением всех изменений за истекший период (Голозубов, 2013).

В рамках проекта по изучению географии почв Северного Кавказа в первые послевоенные годы под руководством В.В. Геммерлинга, Д.Г. Виленского и Н. А. Качинского проводилось мелкомасштабное почвенное обследование. Участвовали в этой работе Я. А. Власов, Ф. Я. Гаврилюк, С. В. Зонн и В. М. Фридланд. В результате была дополнена почвенная карта СССР, вышедшая под редакцией И. П. Герасимова (Гаврилюк, 1983).

В. А. Фильков – ученик С. А. Захарова – на основе изучения уклонов местности, глубин базисов эрозии и расчленённости рельефа предложил почвенно-эрозионное районирование РО (Фильков, 1956). В итоге мероприятий по развитию

орошения почв области Ф. Я. Гаврилюком была написана работа «Почвенные районы Нижнего Дона» (1960), и в 1962 г. под его руководством было проведено почвенно-географическое районирование (1964), а также составлена почвенная карта РО в масштабе 1:500 000. Была представлена новая схема агропочвенного районирования региона. Карта почвенно-мелиоративного районирования региона была составлена в 1966 году П. А. Садименко (Крыщенко и др., 2012)

С 1955 по 1991 гг. изучение почвенного покрова РО велось на базе Южного научно-исследовательского института государственных исследований и проектирования земель (ЮжНИИГИПРОЗЕМ). Главным достижением этих лет стали картографические работы:

- создание разномасштабных почвенных карт для земель сельскохозяйственного назначения;

- издание в 1975 (в 1986 г. и переиздание) под редакцией Е.М. Цвылева Почвенной карты РО масштаба 1:300000;

- создание Карты почвообразующих пород и четвертичных отложений РО М 1:500000 под редакцией Г. Г. Клименко (1977), куда вошли с использованием материалы почвенных обследований крупного масштаба 1958-1977 гг., карты четвертичных отложений и геоморфологическая карта профессора Д. Г. Панова (1963);

- выполнены работы по крупномасштабному обследованию более чем 850 хозяйств РО и составлена почвенная карта РО в масштабе 1:500 000 (1983);

- составлены почвенные карты административных районов РО.

Эти карты содержат информацию о типах и подтипах почв, их род, вид, что отражено в легенде карты, в виде условных обозначений:

- гранулометрический состав;
- почвообразующие породы;
- рельеф;
- степень смытости
- степень каменистости.

На картах нанесены границы хозяйств и обозначены места заложения почвенных разрезов (Голозубов, 2013).

Сотрудниками кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета совместно с представителями лаборатории почвенной информатики Института почвоведения им. В. В. Докучаева в настоящее время проведена работа по геореференсации и векторизации перечисленных карт и всех доступных почвенных карт административных районов РО, а Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова выступает в качестве организации-хранителя этих данных.

Общее количество векторизованных полигонов составляет 13 540, общей площадью 1 229 230 га. Количество почвенных разностей в легендах крупномасштабных карт широко варьирует – от 5 до 62 шт. Представленный на картах почвенный покров включает почвы степей и сухих степей РО и достаточно разнообразен. Информация общедоступна (<https://soil-db.ru>).

Дополнительную и очень обширную информацию о почвах региона дали агрохимические обследования. С 1965 года по 9 турам крупномасштабных обследований накоплен большой объем разрозненных разновременных данных агрохимических обследований и почвенного картографирования, что составляет более 130 чем почвенных карт и очерков (Голозубов, 2013).

В РО преобладающими почвами являются черноземы – 56,6%, а с учетом того, что по последней классификации почв (Диагностика и классификация почв России, 2004) к черноземам отнесены и темно-каштановые почвы, даже 67,3%. Ни в одном регионе России, и тем более мира, нет такого участия черноземов в составе почвенного покрова. С начала 60-х годов опубликовано большое количество научных трудов по изучению генезиса почв области и их почвенно-географическому районированию, составлены почвенные карты, с учетом условий почвообразования и использования земель. (Крыщенко и др., 2012) Стоит отметить следующие работы: «Почвы юго-восточных районов Ростовской области», П. А. Садименко (1966), «Генезис почв Северного Кавказа», В. Ф. Вальков (1977),

«Почвы Ростовской области» О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова (2008), «Почвы Юга России» В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников (2008, 2012).

Создана система с выделением природно-сельскохозяйственных поясов, зон, провинций и округов, которые соответствуют административным районам области и учитывают природные, экономические, физико-географические и агробиозэкологические условия. (Каштанов, 1983). Она предусматривает сопоставление природных и административными границ территорий. В РО, которая относится к степной зоне, выделено три провинции и природно-сельскохозяйственные районы, соответственно: Южно-Русская, Предкавказская и Манычско-Донская. (Крыщенко и др., 2012).

Почвенно-географическое районирование выполнялось в РО в разные годы, в работе В.С. Крыщенко с соавторами (Крыщенко и др., 2012) дана сравнительная характеристика существующих схем районирования РО. В виде таблицы представлено соотношение трех основных систем районирования РО:

- почвенно-географические районы и подрайоны (Захаров, 1939, 1940);
- агропочвенные районы (Гаврилюк, 1951);
- почвенно-эрозионные районы (Фильков, 1956).

В.С. Крыщенко с коллегами провели районирование почвенного покрова РО для выделения почвенных районов и подрайонов с указанием высотных пределов залегания почв. Основой для этой работы стали почвенные карты и картосхемы, а каждый природно-сельскохозяйственный район состоял из нескольких административных районов области. Итогом стала Карта почвенно-географического районирования, созданная с использованием материалов почвенных карт РО С.А. Захарова, М. М. Сугрובה и института «Южгипрозем», картосхемы П. А. Садименко, а также карты почвообразующих пород области (Крыщенко и др., 2012).

Агрохимическое обследование почв области, как и во всей стране, началось в 1964 году, и проводилось в течение нескольких туров обследования сельскохозяйственных угодий для выявления изменений в содержании питательных элементов и кислотности почв. Сегодня РО является модельным

регионом для крупных проектов, включая информационную систему «Почвенно-географическая база данных РФ» (ИС ПГБД РФ) (Концепция, 2010), создание карты содержания органического углерода в рамках проекта ФАО ООН о Глобальном Почвенном Партнерстве (GSOC17). (<http://www.donplodorodie.ru>; Голозубов и др., 2013, 2015; Литвинов, 2018).

В настоящее время изучению потенциала применения картографических и ГИС-методов в почвоведении уделяется все больше внимания. Они используются для анализа и систематизации свойств и состояния почв, цели и задачи исследователями в области почвоведения ставятся самые разнообразные, вплоть до дистанционной индикации характера почвообразующих и подстилающих пород (Чинилин, 2017, 2019). Но в целом подчеркивается важная роль, удобство и широкий набор возможностей такого относительно нового инструмента для формирования геоинформационных баз данных с целью инвентаризации, оценки и мониторинга состояния почв, а также оптимизации размещения сельскохозяйственных культур (Савин, 1999, 2004). С использованием ГИС-технологий создаются базы данных для отслеживания засоления и прогнозирования аридизации (Биарсланов и др. 2014). Применяются также для изучения деградации почв, вызванной различными антропогенными факторами: от избыточного использования пестицидов в сельскохозяйственной деятельности до последствий катастроф промышленных выбросов (Аветян и др., 2023).

Учеными кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета был создан цифровой Почвенный атлас, объединивший в себе накопленные фундаментальные знания и материалы почвенных карт хозяйств и районов, космической снимки и топографические карты (Крыщенко и др. 2012; Безуглова, Голозубов, Крыщенко, 2013; Безуглова и др., 2018a). Сформирован Реестр почв РО (Безуглова и др., 2020b).

1.2. Физические свойства почв

1.2.1. Гранулометрический состав почвы

Гранулометрический состав почвы – это относительное содержание элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), сформированных в результате процессов выветривания и почвообразования, имеют органическую и неорганическую природу. Гранулометрический состав наследуется от почвообразующих пород и практически не изменяется в результате процессов диагенеза и почвообразования (Ковда, Розанов, 1988).

Гранулометрический состав – важнейшая генетическая характеристика почвы, от которой зависят практически все свойства почвы в целом, в т. ч. её плодородие. Механические элементы почвы (ЭПЧ) условно делятся на ряд классов по степени крупности (в соответствие со свойствами тех или иных фракций). Общепринятой в почвоведении является классификация Н.А. Качинского (1965), в основу которой положено соотношение физического песка и физической глины (частиц крупнее и мельче 0,01 мм) в мелкозем, т. е. в частицах мельче 1 мм (Болдырева и др., 2019b; Болдырева и др. 2022c)

В связи с тем, что в тексте диссертации будут использоваться эти термины, необходимо отметить, что традиционно почвы подразделяются на «легкие» и «тяжелые», в гранулометрическом составе первых преобладают крупные фракции (песчаные и супесчаные почвы), в составе вторых преобладают тонкие фракции, особенно ил (тяжелосуглинистые и глинистые почвы) (Ковда, Розанов, 1988).

1.2.2. Понятие об ЭПЧ

ЭПЧ образующие твердую часть почвы различаются по происхождению, составу и свойствам, состоят из обломков горных пород, первичных и вторичных минералов. Представлены минеральными, органическим и органоминеральными механическими элементами. ЭПЧ органического происхождения формируются остатками, не утратившими своего анатомического строения (детрит) и продуктами гумификации (гуминовые вещества). Результатом взаимодействия органической и минеральной частей почвы являются органоминеральные соединения, в виде ультрамикроагрегатов и более крупных ЭПЧ. Минеральные

почвах на более чем 90% состоят из ЭПЧ неорганической происхождения. (Морозов, Безуглова, 2011).

Почва — «гетерогенная система, со сложной структурной организацией иерархических уровней, и один из них, — это уровень элементарных почвенных частиц, составляющих основу твердой фазы большинства почв, в зависимости от размера объединяемых во фракции гранулометрических элементов. В большинстве почв более 90% элементарных почвенных частиц представлено компонентами неорганической природы, различающихся между собой не только размером, но также составом и свойствами, вследствие этого их участие в почвенных процессах различно» (цит. по Мамонтов, 2018).

ЭПЧ — «это обособленные обломки горных пород и минералов, а также аморфные соединения (органические и органоминеральные), все элементы которых находятся в химической взаимосвязи и не поддаются общепринятым методам пептизации, применяемым при подготовке почвы к гранулометрическому анализу» (Воронин, 1986). Именно поэтому так важно учитывать условия, чтобы по итогу процесса пробоподготовки анализируемая суспензия содержала ЭПЧ различного происхождения, которыми представлен образец почвы, отобранный для анализа, следовательно выбор метода определения гранулометрического состава почвы имеет существенное значение. (Морозов, Безуглова, 2011).

Гранулометрический состав, являясь одной из фундаментальных генетических характеристик почвы, определяет спектр исследований в области не только отдельных разделов почвоведения, связанных с изучением физических, химических, физико-химических свойств, процессов и режимов почв, но и учитывается при решении многих инженерных задач: мелиоративных, инженерно-геологических и инженерно-экологических (Шкуропадская и др., 2019).

Причем, в случае, например, инженерных изысканий гранулометрический анализ почв и грунтов является обязательным. В свою очередь, обязательность выполнения того или иного анализа регламентирована соответствующими методами метрологии и стандартизации (Шкуропадская и др., 2019).

В случае гранулометрического состава сложилась парадоксальная ситуация: для решения научных задач российский исследователь вправе выбрать любой из имеющихся в почвоведении методов, а при решении инженерных задач только те методы, которые регламентированы межгосударственным стандартом «ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава» (ГОСТ 12536-2014) (Шкуропадская и др., 2019).

В настоящее время в почвоведении отсутствуют стандартные методы, регламентирующие не только процедуру количественного учета фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), но весь этап подготовки почвенных образцов к анализу. Многочисленные литературные источники показывают, что результаты исследований, полученные при разных способах количественного учета ЭПЧ и подготовки почвенных образцов к анализу, могут существенно отличаться по содержанию отдельных фракций и даже целых групп фракций в одной и той же почве, что отрицательно сказывается на решении не только научных, но и прикладных задач (Валеева, Копосов, 2013; Шкуропадская и др., 2019; Болдырева и др., 2022а).

1.2.3. Гигроскопическая влага

Вода в почве имеет двойственное положение, поскольку с одной стороны обеспечивает как химические, так и физические процессы, проходящие в почвах, и их динамику: гумусообразование, химические реакции, перемещение органоминеральных и минеральных соединений, выветривание и новообразование минералов. С другой стороны ее количество и форма зависят от почвенных свойств: химического и минералогического состава, содержания органического вещества и дисперсности (Ковда, Розанов, 1988).

А. А. Роде (1965) выделил в почвах пять форм почвенной воды:

- Твердая вода — лед, неподвижная влага;
- Химически связанная вода – характеризуется полной неподвижностью и высокой прочностью связей (включает конституционную и кристаллизационную);

- Парообразная вода;
- Прочносвязанная вода – прочно удерживается адсорбционными силами, образует на поверхности частиц тонкую пленку, толщина которой 2–3 молекулы, рыхлосвязанная – удерживается на поверхности тонких пленок прочносвязанной воды, передвигается под действием сорбционных сил;
- Свободная вода не связана силами притяжения с почвенными частицами (Кауричев, Гречин, 1969; Ковда, Розанов, 1988, с. 127–135).

При изучении гранулометрического состава и его влияния на основные физические свойства почвы наибольший интерес для нас представляет четвертая категория воды, прочносвязанная вода, называемая также гигроскопической.

Далее мы используем гигроскопическую влагу в качестве способа верификации и диагностического признака, как показатель, который максимально взаимосвязан с гранулометрическим составом. В теории эта связь должна быть функциональной.

1.2.4. Специфичность научных исследований с большими массивами данных

В настоящее время ведется большая работа по изучению способов и перспектив использования больших объемов накопленных о почве данных для прогнозирования, обнаружения новых корреляционных зависимостей и подтверждения давно установленных гипотез.

Angelini (2018) использовал моделирование структурных уравнений, чтобы понять причины изменчивости почвенных свойств и проверить гипотезы этих взаимосвязей, основанные на знаниях, полученных ранее. Автор, обсуждая вопрос о том, может ли статистическая модель действительно выявить причинно-следственные связи на основе данных наблюдений, отмечает, что причинно-следственную связь в почвоведении трудно доказать, тем более что экспериментальные подтверждения причинно-следственной связи не могут быть полностью установлены в естественной почвенной системе. Первый шаг в попытке установить причинно-следственную связь заключается в том, чтобы найти сопряжение между переменными посредством корреляции. При этом найденная корреляция не означает, что переменная механически связана с изменением другой.

Нередко с увеличением объема данных вероятность получения ложных корреляций увеличивается. Калуд и Лонго (2017) показали, например, что соотношение между корреляцией и причинно-следственной связью является функцией размера выборки. Другими словами, поскольку размер выборки увеличивается, вероятность нахождения корреляции между переменными также растет. Разницу между корреляцией и причинно-следственной связью распознать становится труднее.

Однако на практике почвоведы ищут эмпирические корреляции между данными, чтобы использовать их как опору для нахождения новых исследований и разработки новых моделей. Фундаментальное различие двух существующих типов моделей: первые основаны исключительно на корреляции между данными, а вторые – на текущих теориях и известных механистических связях между переменными (Jenny, 1941). Калиброванные модели, основанные на корреляции, проверяются путем сравнения прогнозов и наблюдений. Если модель соответствует наблюдениям говорят, что модель проверена. В противном случае его структура может быть уточнена или модель отклонена. Так часто происходит на практике, например, при построении спектроскопических, картографических или гидрологических моделей эмпирических данных, но модель никогда полностью не подтверждается наблюдениями (Oreskes et al., 1994). Построенная модель в определенной степени согласуется и может быть частично подтверждена, например, с использованием некоторых показателей репрезентативности для точности прогнозирования. Чем выше точность, тем больше доверия вызывает прогнозирование, сделанное моделью, или те научные объяснения, которые мы формулируем на ее основе. К. Г. Хемпель (1965) назвал это статистическим индуктивным объяснением – как переход от частного к общему. Принципы Хемпеля близки к логике «недедуктивного» (обратного дедуктивному): не выводя новое положение чисто логически, а представляя его в виде процесса формирования объяснительных гипотез, и вместо того, чтобы объяснить явления законами, они характеризуются вероятностями в соответствии со статистическими законами. Объяснение явления успешно, если статистический закон дает высокую вероятность к описанию явления (Хемпель, 1965).

Использование статистики для изучения баз данных и поиска закономерности в данных нельзя назвать нововведением в почвоведении. Yaalon (1975), например, предлагал процедуры статистического поиска для изучения функциональных взаимосвязей в естественной почвенной системе. И когда станет больше известно о структуре почвы и процессе, статистическая модель может быть постепенно заменена на материальную. Другие авторы, например, Г. Дженни и Ч. Д. Леонард (1934), Р. Вебстер (1997) использовали статистическое моделирование для корреляционного анализа, уменьшения размерности данных или регрессии.

Сегодня научный прогресс обусловлен либо целями, либо аномалиями. В почвоведении роль гипотез имеет решающее значение, но не учитывается одинаковая важность в каждом из случаев. Когда исследование является целевым, гипотеза определяет направления для исследования. Гипотеза проверяется путем эксперимента на сгенерированных данных, адаптированных для ответа на вопрос. По результатам этого теста делается вывод о подтверждении гипотезы. Объяснения также могут быть индуктивного типа, если рассматриваются вероятностные пути развития почвенного явления, требующего объяснения с помощью статистических законов (индуктивное статистическое объяснение). В прошлом целеполагание было основным стимулом развития почвоведения, особенно в прикладных направлениях науки, например, агрономическом (McDonald, 1994). Но и на современном этапе в нескольких областях почвоведения, например в цифровом картографировании, для получения точной количественной информации о почве цель остается главным средством развития. В настоящее время исследования, опирающиеся на большие массивы собранных в БД материалов, используют алгоритмы, позволяющие упорядочить эти данные, найти закономерности и коррелятивные связи. Тем самым это направление исследований принципиально отличается от тех областей, в которых научные изыскания основаны на тщательно разработанных экспериментах и проверке гипотезы.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Почвенно-климатические условия Ростовской области

Почвенно-климатические условия региона исследований характеризуются умеренно континентальным климатом. Избыток тепла, сочетающийся с относительным недостатком влаги, – характерная черта региона. Среднегодовое количество осадков примерно 430–500 мм, две трети которых приходится на теплый период года. ГТК равен 0,7–0,8. Почвы сформировались под разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью (Безуглова и др., 2008).

Объекты исследования – гранулометрический состав черноземов РО с акцентом на черноземы обыкновенные карбонатные (североприазовские). Согласно Классификации почв СССР 1977 г., исследуемые почвы относятся к фациальному подтипу черноземов обыкновенных карбонатных. Своеобразие этих черноземов было отмечено еще Л. И. Прасоловым (1916, 1933), предложившего выделить их на уровне самостоятельного подтипа приазовских черноземов, позднее переименованного в североприазовский подтип. Однако к черноземам обыкновенным карбонатным в классификации 1977 года были отнесены и черноземы предкавказские, залегающие юго-восточнее черноземов североприазовских и отличающиеся от них вскипанием с поверхности и несколько более высокой мощностью, в силу чего также до 1977 года выделявшиеся на уровне самостоятельного подтипа (Безуглова, Хырхырова, 2008). В «Классификации и диагностике почв России» (КиДПР) (2004) эти почвы выделяются в типах черноземов и агрочерноземов на уровне миграционно-сегрегационного подтипа (Безуглова и др., 2008). Для полноты информации по некоторым параметрам они рассматриваются в ряду с другими черноземами РО: черноземами южными (текстурно-карбонатными по КиДПР), черноземами обыкновенными обычными (черноземами сегрегационными по КиДПР), черноземами неполноразвитыми (на элювии плотных пород).

Почвообразующие породы РО характеризуются тем, что коренные горные породы преимущественно перекрыты современными отложениями, в качестве

которых чаще всего выступают четвертичные отложения: лессовидные суглинки и глины, а на севере области – желто-бурые и красно-бурые глины. Выходы коренных пород сравнительно редки. Восточные отроги Донецкого кряжа представлены породами каменноугольного периода – известняками, меловыми отложениями, глинистыми сланцами и песчаниками, выходы которых можно наблюдать по берегам рек Лихая, Кундрючья, Белая Калитва и др.

Четвертичные отложения различаются по нескольким районам РО в зависимости условий формирования, мощность их увеличивается с севера на юг, и может варьировать от 6 до 50 м. Ими покрыты равнинные степные пространства, заходят в предгорья и поднимаются по склонам на вершины хребтов. Однако на склонах мощность лессовидных пород составляет порядка 1,5–2 м (Безуглова, Хырхырова, 2008).

Северное Приазовье занимает юго-западную часть области, северо-западнее предкавказских черноземов, на границе с черноземами Восточно-Европейской фации. Североприазовские черноземы составляют основу почвенного покрова (Безуглова, Хырхырова, 2008) Приазовской наклонной равнины, простирающейся от Донецкого поднятия до берегов Азовского моря и реки Дон (рис.1).

Представлены они преимущественно глинистыми, реже тяжелосуглинистыми разновидностями. Почвенный профиль практически не дифференцирован по гранулометрическому составу и распределению ила по профилю. Сформированы большей частью на лессовидных глинах и суглинках, реже почвообразующими породами служат желто-бурые глины. В настоящее время почвы почти повсеместно распаханы (Безуглова, Хырхырова, 2008).

Оглинивание – трансформация минеральной части почвы *in situ* в черноземах теплой Южно-Европейской фации проявляется по-разному. Процесс этот заключается в том, что в средней части профиля, в процессе контакта минеральной массы с биотой при достаточном увлажнении и большом количестве положительных температур, повышается содержание частиц ила по сравнению с материнской породой. Профессор В. Ф. Вальков (1977) проанализировал большое количество данных гранулометрического состава почв исследуемого региона и

показал, что интенсивность процесса оглинивания различна в почвах Предкавказья: в черноземах предгорий оглинивание проявляется наиболее активно – коэффициенты оглинивания в средней части профиля составляют 1,15–1,30. Значительно слабее этот процесс протекает в черноземах типичных – 1,1, а в черноземах обыкновенных карбонатных этот показатель снижается до 1,02. Таким образом, чем севернее в пределах Предкавказья расположены черноземы, тем слабее выражен процесс оглинивания, что хорошо видно при сравнении коэффициентов оглинивания: в черноземе предкавказском – 1,06, и в североприазовском – 1,01 (Безуглова, Хырхырова, 2008).

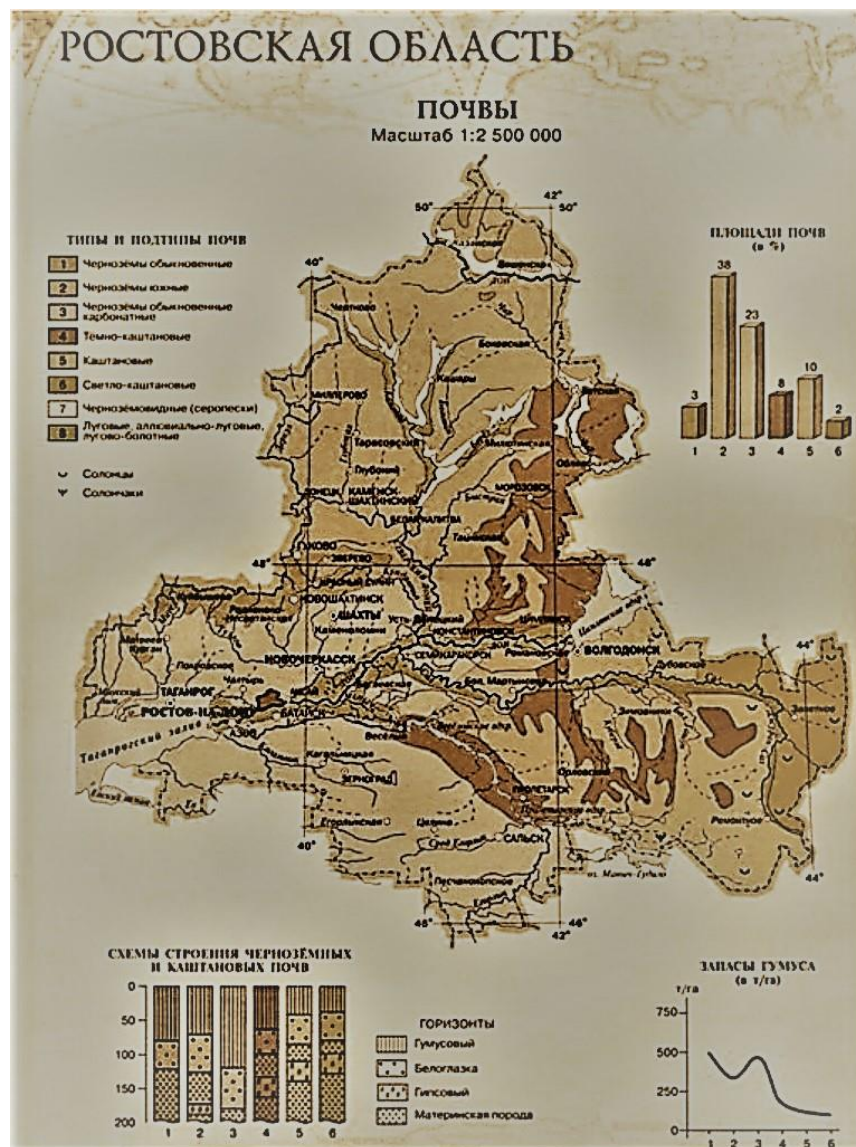


Рисунок 1 – Почвенная карта РО (Атлас РО, 1973)

Объектом нашего исследования являются земли сельскохозяйственного назначения РО. РО – один из важнейших сельскохозяйственных регионов России.

Доля РО в общей площади сельхозугодий России составляет 3,9%. Поэтому большая часть (около 80%) территории области относится к сельскохозяйственным угодьям. По данным правительства РО (<https://www.donland.ru/activity/193/>) сельскохозяйственные угодья занимают 8,2 млн га, пашня – 5,9 млн га, в том числе орошаемая – 231 тыс. га.

Географическое расположение РО – в зоне Южно-Русской равнины на юге Европейской России. Южная часть соединяется с предкавказскими равнинными степями, а северная часть, которая представлена Доно-Донецкой эрозионной равниной, занимает юго-восточный край так называемой «южнорусской плиты», в среднем она возвышается на 100–150 м над уровнем моря. В северной части расположены междуречье нижнего течения реки Дон и левого притока Северского Донца – Калитвы. Правобережье нижнего течения Северского Донца представлено возвышающимися восточными оконечностями Донецкого кряжа, переходящим в юго-западной своей части в Приазовскую наклонную равнину, постепенно спускающуюся к Таганрогскому заливу (Добровольский, Усуревская, 2004; Безуглова, Хырхырова, 2008; Кайдалова и др., 2021).

На территории области контакт двух почвенно-географических фаций – очень теплой и теплой – формирует различные топографические уровни, которые зависят от их взаимовлияния и расположения, а также различий по режиму увлажнения и температурам (Захаров, 1940).

Почвенный покров данных фаций представлен четырьмя провинциями:

- Южно-Русская обыкновенных среднегумусных и южных малогумусных черноземов;
- Южно-Украинская обыкновенных мощных и южных среднемощных черноземов (часть отрогов Донецкого кряжа на западе РО);
- Приазовская обыкновенных карбонатных сверхмощных и мощных черноземов (юго-запад области);
- Донская сухостепная темно-каштановых и каштановых почв (восточная часть области). (Литвинов, 2018; <https://soil-db.ru/struktura-i-funkcionirovanie/dannye-inventarizacii/dannye-po-territorii/rostovskaya-oblast>)

2.2. Картографические материалы почвенных обследований и почвенно-географические данные

В исследовании были использованы архивные материалы почвенных обследований крупного и среднего масштаба – почвенные карты и их пояснительные очерки. На базе ФГБУ ГЦАС «Ростовский» и кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ для РО был собран большой массив данных по материалам почвенных обследований: более 600 карт колхозов и совхозов по 43 районам. На почвенных картах отражена информация о мощности гумусовых горизонтов, содержании гумуса, негативных свойствах – засоление, содержание Na в ППК, каменистость, заболоченность и т.д. Очерки к картам могут содержать, в зависимости от качества и полноты сканированного материала, результаты химических, физико-химических и физических (плотность почвы, ГМС) анализов для почвенных разрезов по горизонтам (Болдырева и др., 2021а; Кайдалова Н.В. и др. 2021).

Именно эти архивные материалы почвенных обследований территории РО легли в основу нашего исследования, поскольку на данный момент массовые почвенные обследования не проводятся.

Таким образом почвенно-географическая информация, использованная нами для данного исследования, представлена, как и в диссертации Ю. А. Литвинова (2018), данными среднемасштабных (1:500 000) почвенных карт РО (1939–1986 гг.), средне- и крупномасштабных (1:50 000–1:100 000) почвенных карт административных районов РО (с 1954 по 1986 гг.), материалами крупномасштабного почвенного обследования хозяйств РО (почвенные карты в масштабе 1:10 000–1:25 000 и очерки за 1954–1994 гг.), данными очерков средне- и крупномасштабных почвенных обследований территории РО (1955 по 1996 гг.), а также систематизированными списками почв РО, информацией по результатам агрохимического обследования (технические отчеты и агрохимические картограммы) хозяйств РО. Также в качестве источников почвенной информации послужили материалы почвенных изысканий, проводившихся Южным

федеральным университетом (Ростовский государственный университет) и ООО «Южгипрозем» (РосГИПРОЗЕМ, Управление Землеустройства, ЮжГИПРОЗем, ЮжНИИГипрозем) в период с 1939 по 1996 гг.; данные агрохимических обследований территории области, которые проводила агрохимическая служба СССР и Российской Федерации (ФГБУ ГЦАС «Ростовский», ФГБУ ГСАС «Северо-Донецкая», ФГБУ ГСАС «Цимлянская») в период с 1964 по настоящее время (<https://soil-db.ru>). Однако цель и задачи, решаемые при обработке данного материала, были кардинально иными, нежели в работе Ю. А. Литвинова (2018).

Основными материалами исследований являются:

- Почвенная карта РО, М 1: 500000 под ред. С. А. Захарова (1939);
- Карта почвообразующих пород (четвертичных отложений РО, М 1:500000, под ред. Г. Г. Клименко (1975);
- Почвенная карта РО, М 1: 300000, под ред. Е. М. Цвылева (1986);
- Материалы почвенных обследований ЮжНИИГИПРОЗЕМа (почвенные карты и очерки) – М 1:10000, 1: 25000 – отдельные хозяйства, и М 1: 100000 – районы (Голозубов, 2013; Болдырева и др., 2021b).

Картографическое районирование территории играет важную роль при анализе картографических источников.

С. А. Захаров обосновал выделение почвенно-географических районов и подрайонов тем, что на территории РО происходит контакт двух почвенно-географических фаций – очень теплой Южно-Европейской и теплой Восточно-Европейской. И контакт разновысотных и различных по режиму увлажнения и температурам ландшафтов приводит к формированию различных топографических уровней в зависимости от их взаимовлияния и расположения (Захаров, 1940). Почвенно-эрозионные районы А. Филькова стали результатом изучения рельефа местности: коэффициентов расчленения, базисов эрозии и их глубины, средних уклонов местности. Итогом проведенных исследований явилось почвенно-эрозионное районирование области (Фильков, 1956). В основу выделения агропочвенных районов Ф. Я. Гаврилюк (1951) положил факторы, связанные с орошением, и степень их выраженности. Такие, как накопление влаги и

рациональное её использование путем различных мероприятий: посадки полезащитных лесных полос, снегозадержания, зяблевой вспашки, введения чистых паров, увеличение мощности пахотного слоя, защита от эрозии. На рис. 2 представлена карта-схема почвенно-географического районирования РО (Безуглова и др., 2008).

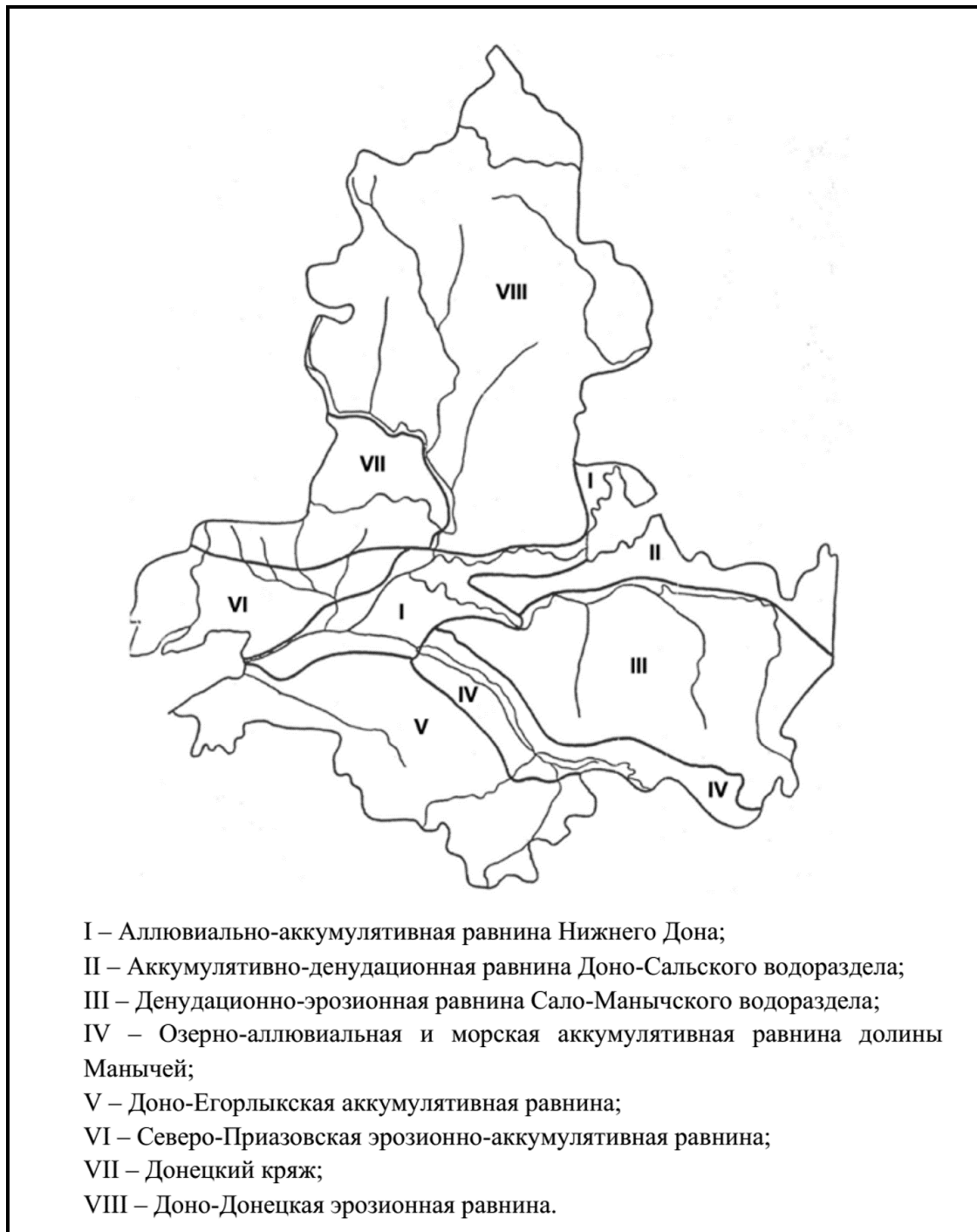


Рисунок 2 – Схема геоморфологического районирования РО (по: Безуглова, Хырхырова, 2008).

Позже была разработана более детальная (рис. 3.) карта почвенно-географического районирования с учетом топографии почв (Крыщенко и др., 2008). Именно она использована нами далее при анализе данных РПДЦ.

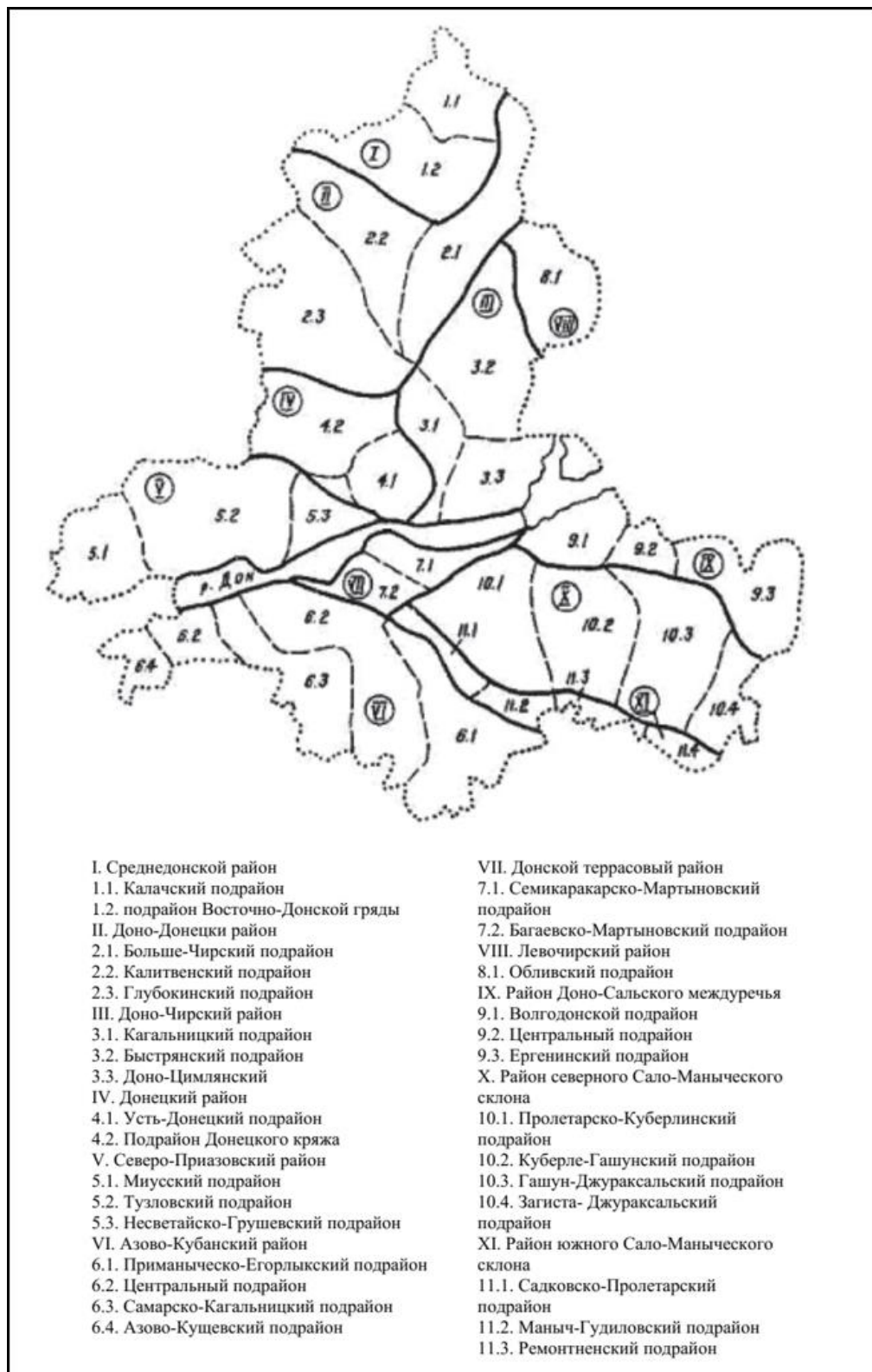


Рисунок 3 – Почвенно-географические районы и подрайоны РО с учетом топографии почв (Крыщенко и др., 2012)

2.2. Методы исследования

2.2.1. Отечественная классификация почв по гранулометрическому составу

Отечественная классификация почв по гранулометрическому составу была разработана и предложена Н. А. Качинским впервые в 1938 г., а затем переработана в 1943 и 1958 гг. (Качинский, 1965; Воронин, 1986).

Н.А. Качинский в основу подразделения почв на пески, супеси, суглинки и глины положил соотношение ЭПЧ, выделяемых пипет-методом (метод пипетки, как было сказано выше, основан на различной скорости оседания частиц в стоячей воде и описывается законом Стокса). Классификация состоит из двух шкал: основной (краткой) и подробной, характеризующих с различной детальностью гранулометрический состав почвы (Качинский, 1965).

На основании соотношения содержания физической глины и физического песка составлена основная шкала данной классификации, в которой учитывается, что свойства ЭПЧ зависят не только от размера частиц, но и от минералогического состава, особенностей почвообразования и способности ЭПЧ к агрегированию, а также от структурного состояния почвы (Morozov, Bezuglova, 2011). И эти возможности классификации выгодно отличают её от других подобных построений, так как шкала учитывает особенности гранулометрического состава почв различного типа почвообразования: подзолистого; степного, а также желтоземов и красноземов; солонцов и сильно солонцеватых почв. (Безуглова и др., 2022b)

В классификации Н. А. Качинского степные зональные почвы, красноземы и желтоземы, как более оструктуренные, содержат больше физической глины, нежели почвы подзолистого типа, а подзолистые в свою очередь – больше, чем солонцы и сильносолонцеватые почвы.

У солонцов проявляются свойства тяжелой глины при более низком содержании фракции ила, чем у несолонцовых почвы, это сказывается на вязкости, водопроницаемости и липкости (Коржов, 2016). В соответствии с этим оптимальная влажность для обработки солонцов всегда ниже, а удельное

сопротивление всегда выше, чем у несолонцовых почв того же почвенного комплекса (Качинский, 1965).

Различия в классификации почв по гранулометрическому составу Н.А. Качинского (1965) для различных типов почв обнаруживаются в различных текстурных классах: для солонцов почв степного типа почвообразования – начиная с супесей, для почв подзолистого типа – со средних суглинков. В песках влияние илистой фракции сказывается слабо, поэтому значения едины для всех почв (Качинский, 1965).

Для определения гранулометрического состава полевым способом также используется данная шкала, как и при составлении мелкомасштабных карт (1:50000 и менее). В подробной шкале учитывается соотношение различных фракций ЭПЧ: гравия, песка, крупной пыли, пыли и ила (Качинский, 1965).

Таким образом, классификация Н. А. Качинского составлена с учетом генетических особенностей почвы, способности их илистой и коллоидной фракций к агрегированию, что определяется количеством и качеством гуминовых веществ, составом поглощенных катионов, минералогическим составом и рядом других факторов.

2.2.2. Определение гранулометрического состава

Для определения гранулометрический состава использовали четыре метода – полевой и три лабораторных, способ подготовки во всех случаях одинаков, количественный учет фракций различается, в первом случае – метод пипетки, во втором – ареометрический, в третьем – метод лазерной дифракции.

Сухой способ

Почву помещают в ладонь, растирают и втирают в кожу, если большая часть почвы после полного растирания втирается в кожу – тяжелый гранулометрический составе.

Метод шнура

При анализе почвы во влажном состоянии образец смачивают водой до образования тестообразной массы, по морфологии образца определяют гранулометрический состав исследуемой почвы. Для определения

гранулометрического состава «методом шнура» почвы требуется значительно больше, чем для сухого метода (1–3 г).

Подготовка почвы к гранулометрическому анализу методом растирания с раствором пиррофосфата натрия (модификация Долгова-Личмановой).

Этот метод использовался нами для подготовки почвы к гранулометрическому анализу тремя методами: пипетирования, ареометрическим и лазерной дифракции. Почву (10 г) помещаем в фарфоровую чашку диаметром 10–12 см, смачиваем каплями 4% раствора пиррофосфата натрия до тестообразного состояния и осторожно, без нажима, растираем в течение 10 минут пестиком с резиновым наконечником.

Метод пипетки (пипетирования). По данному методу отдельные фракции почвы в анализируемой навеске учитываются не полностью, а путем взятия пробы из суспензии с определенной глубины (метод средней пробы), с учетом скоростей оседания механических элементов в жидкости (в данном случае в воде) согласно закону Стокса. Глубины погружения пипетки для выделения фракций различной крупности следующие: для частиц <0.05 мм – 25 см; <0.01 мм – 10 см; <0.005 мм – 10 см; <0.001 мм – 7 см. Сроки взятия проб с различных глубин, считая с момента взмучивания суспензии, варьируют в зависимости от температуры и удельного веса твердой фазы почвы. По истечении срока, необходимого для взятия частиц заданной крупности, в пипетку берут пробу суспензии. Сливают суспензию в тарированный сушильный стаканчик. Пробу выпаривают и сушат в течение 4 часов при температуре 105°C до постоянной массы в термостате. Зная массу тары, находим массу учитываемой фракции (Умарова и др., 2019).

Метод лазерной дифракции. Лазерные анализаторы размера частиц "Analysette 22" NanoTec (производство Fritsch, Германия) являются универсальными приборами для измерения размеров частиц в суспензиях, эмульсиях, порошках и аэрозолях. Они могут быть использованы как в научной, так и в производственной деятельности, а также для контроля качества и процессов (Болдырева и др., 2015).

Лазерные анализаторы "Analysette 22" модели NanoTec для определения размеров частиц применяют запатентованную фирмой Fritsch систему сходящегося лазерного луча. Анализаторы измерительной ячейки определяют распределения частиц по размерам посредством лазерной дифракции. Частицы, попадая в лазерный луч, рассеивают свет на угол в зависимости от их диаметра. Свет собирается на детекторе, и программа анализатора расчетным способом определяет распределение частиц по размерам по интенсивности рассеянного света, исходящего от частиц. Результатом является определение диаметра частиц и их объемное распределение (Болдырева и др., 2015).

Ареометрический метод. Для определения гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного нами использованы международный (ISO 11277:2009) и межгосударственные стандарты, которые используют аналитические испытательные лаборатории в Российской Федерации. Для исследования использовали ареометрический метод (ГОСТ 12536-2014 Грунты). Гранулометрический состав ареометрическим методом проводят путем измерения плотности суспензии ареометром в процессе ее отстаивания. Следует отметить, что этапы подготовки почвенных образцов согласно международному и межгосударственному стандартам, существенно различаются (табл. 1, 2) (Шкуропадская и др., 2019).

Согласно международному стандарту ISO 11277:2009 требуется удаление легко- и труднорастворимых солей, а также органического вещества. Для разрушения органических остатков пробу оставляют на сутки, затем добавляют 30 мл 30% перекиси водорода. В нашем случае почва вскипает по всему профилю, из-за чего происходила бурная реакция, которую контролируют добавлением октан-2-олом. После 24 часов взвесь кипятили до исключения барботажа. Затем суспензию промывали водой до нужного нам значения электропроводности, доводя объем до 180–200 мл (Шкуропадская и др., 2019; Болдырева и др., 2022а).

Согласно требованиям рассматриваемых стандартов, перед началом анализа в отобранных при естественной влажности почвенных образцах необходимо определить следующие показатели: плотность твердой фазы (или плотность частиц

грунта), содержание органического углерода и гигроскопическую влажность. (Шкуропадская и др., 2019).

Таблица 1 – Особенности подготовки почвенных образцов к гранулометрическому анализу по ГОСТ 12536-2014 и ISO 11277:2009

Основные характеристики	Подготовка почвенных образцов	
	ГОСТ 12536-2014	ISO 11277:2009
Навеска средней пробы < 1 мм, в г	30 г	20 г для суглинков и глин
Объем суспензии, в мл	200 мл	См. Примечание*
Диспергатор, в см ³	1 см ³ 25 % раствора аммиака	25 мл буферного раствора гексаметафосфата натрия
Кипячение, в час	1 час (суглинки, глины)	—
Объем стабилизатора коагуляции, в см ³	5 см ³ пирофосфата натрия (Na ₄ H ₂ O ₇)	—
Диаметр сита при переносе суспензии в цилиндр, в мм	0,1 мм	0,063 мм
Объем суспензии для анализа в цилиндре, в л	1 л	1 л

Таблица 2 – Набор сит с диаметром ячеек, применяемых при подготовке почвенных образцов к гранулометрическому анализу по ГОСТ 12536-2014 и ISO 11277:2009

ГОСТ 12536-2014	ISO 11277:2009
Размер ячеек, мм	
1,0	2,0
0,5	0,5
0,25	0,25
0,1	0,063

Гигроскопическую влажность определяли методом высушивания при 105° С до постоянного веса (Вадюнина, Корчагина, 1986.).

2.2.3. Оцифровка и валидация материалов почвенного обследования Ростовской области

Оцифровку и валидацию материалов почвенного обследования РО вели согласно разработанным методическим указаниям МГУ в рамках проекта ПГБД России.

Создан рабочий ГИС-проект с использованием унифицированной системы папок, все наименования файлов и папок, и их структура выполнены единообразно в соответствии с описанными правилами: наименование папок для хранения материалов унифицированы – «source», «raster», «vector», «text», «scetch.gdb», и содержат – первичные, растровые, векторные, текстовые и рабочие (промежуточные) данные, соответственно (Голозубов и др., 2020).

Далее выполнялась обработка и цветокоррекция изображений с использованием доступных редакторов изображений (рис. 4).

Итогом работы этого этапа стала почвенная карта, разбитая на определенное количество листов, при этом все листы карты обработаны единообразно с сохранением исходного разрешения согласно методическим указаниям по работе с крупномасштабными картами (Голозубов и др., 2020).

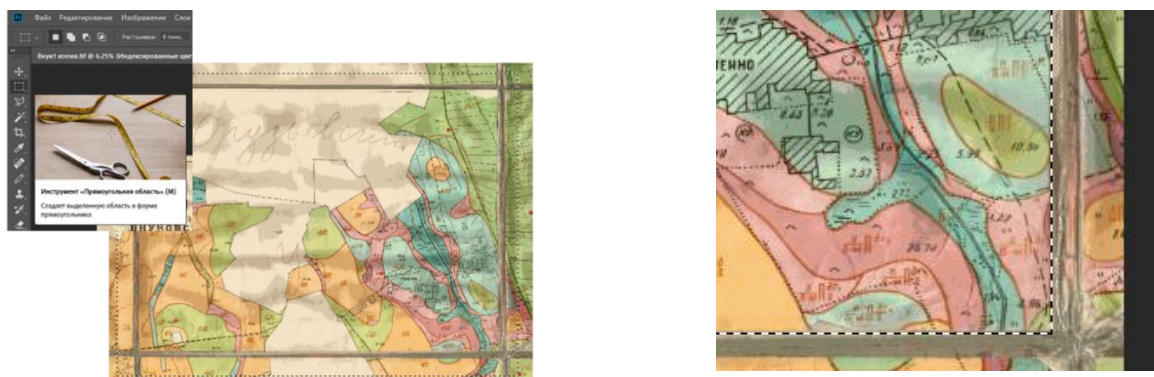


Рисунок 4 – Выделение и обрезка области на изображении (Голозубов и др., 2020, с. 21–22).

Геореференсацию карты выполняли по разбитым на отдельные части листам в целях увеличения точности и минимизации деформации и разрывов по краям карт (рис. 5). Данные дистанционного зондирования Земли, используемые для пространственной привязки, взяты из открытых источников.

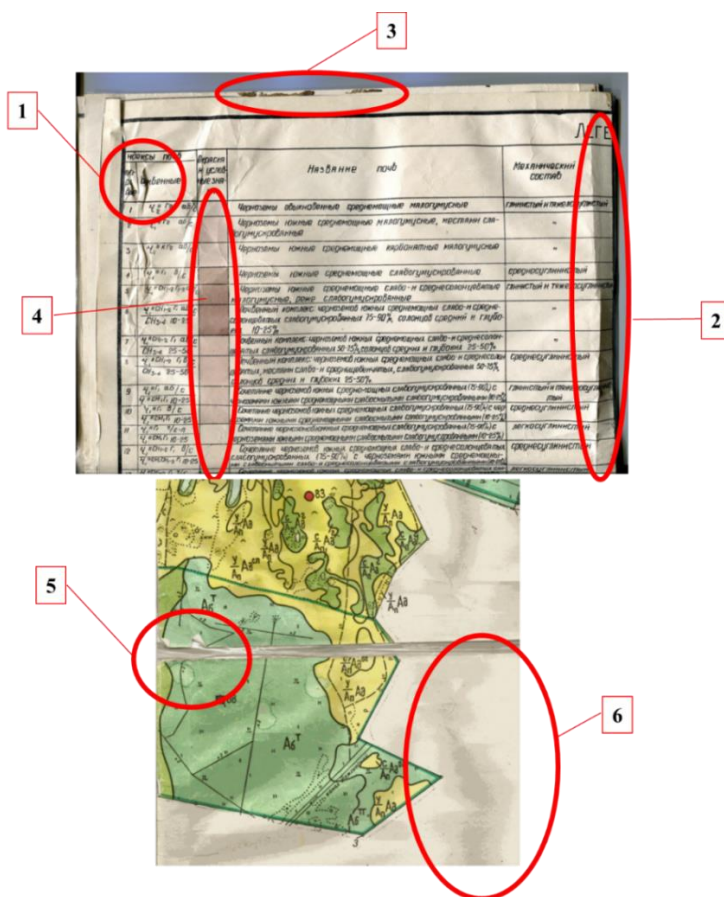
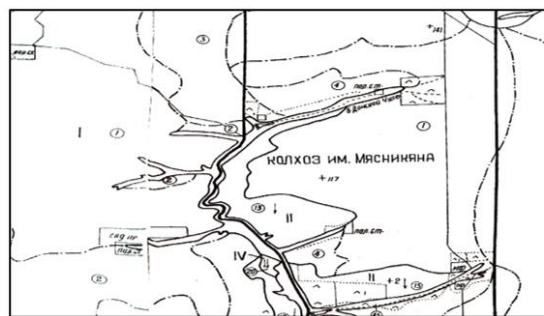


Рисунок 5 – Типы деформаций почвенных карт (Голозубов и др., 2020, с.11.).

В процессе геоференсации границы хозяйства/административного района, следуя рекомендациям методического пособия по векторизации крупномасштабных почвенных карт, совмещали с таковыми на кадастровых картах или космических снимках, совмещали основные линейные отрицательные формы рельефа на карте (долины рек, овражно-балочная сеть) с имеющимися на ортофотоплане. В исключительных случаях, когда в процессе пространственной привязки карты происходило значительное искажение пропорций рабочего изображения, выполнение корректировки объекта оставляли на этап векторизации. Прочие объекты, представленные на карте (границы населенных пунктов, границы государственного лесного фонда, земельные участки), совмещались с объектами на ортофотоплане, также избегая искажения пропорций (рис. 6) (Голозубов и др., 2020, с.41.).



Ортофотоплан



Почвенная карта

Геореференсированная
почвенная картаВекторизованная почвенная карта.
Уточнение границ почвенных выделов
по актуальным космическим снимкам

Рисунок 6 – Пример геореференсированной почвенной карты Северо-Приазовского района (выполнено автором по методике Голозубова и др., 2020, с.41)

Для оцифровки вследствие низкого качества сканированных материалов почвенного обследования, соответственно методическим рекомендациям (Голозубов и др., 2020), нами была выбрана ручная векторизация. Для векторизации растровых источников и действий с ними была использована методика, разработанная сотрудниками кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ, по векторизации архивных материалов почвенного обследования. Её преимущество – это наличие инструментов, позволяющих связывать атрибутивные показатели контуров карты с их пространственным расположением, а также указывать комплексность отдельных почвенных контуров, вся эта информация отражается в легендах почвенных карт (Крыщенко и др., 2010; Голозубов, 2013; Литвинов, 2018).

В процессе внесения атрибутов использовали унифицированные списки-классификаторы, полученные путем дезагрегации и структурирования

информации по наименованию почвенных выделов из очерков и легенд почвенных карт. Отсутствующие данные записывали со значением «не определено», и впоследствии они могут быть скорректированы по итогам дополнительных почвенных обследований (Безуглова и др., 2013; Литвинов, 2018).

Стоит отметить сложность работы с бумажными источниками почвенной информации при векторизации комплексов и сочетаний: необходимо указывать количество в процентах, которым представлен тот или иной почвенный тип выделяемого контура, например для комплексов солонцов с каштановыми почвами. Эта работа требует от оператора руководствоваться дополнительными источниками информации, к которым относятся нормативно-технические документы по почвенному, агрохимическому, мелиоративному обследованию земель сельскохозяйственного назначения. общесоюзной инструкцией по почвенным обследованиям, 1973; руководством по составлению почвенно-мелиоративного обоснования, 1973; указаниями по эрозионному обследованию земель, 1975, а также рекомендациями по мелиорации солонцов, 1986. Эта задача эффективно решается с использованием инструментов цифрового почвенного картографирования – комплексность и сочетания почв представляются в виде нескольких слоев (до 3-х) векторизуемых контуров, в каждом отдельно указывается весовой процент типа почвы, входящего в состав комплекса (рис. 7), эти слои имеют регулируемую прозрачность (Безуглова и др., 2013; Голозубов, 2013; Литвинов, 2018).

Векторные почвенные карты позволяют импортировать данные в виде тематических слоев благодаря дизагрегации атрибутов в виде таблиц, что также удобно для получения информации о контурах описанных выше комплексов, обычно это 2–3 полигона с одинаковой геометрией, которые отличаются атрибутивной информацией и удельным весом почв комбинации.

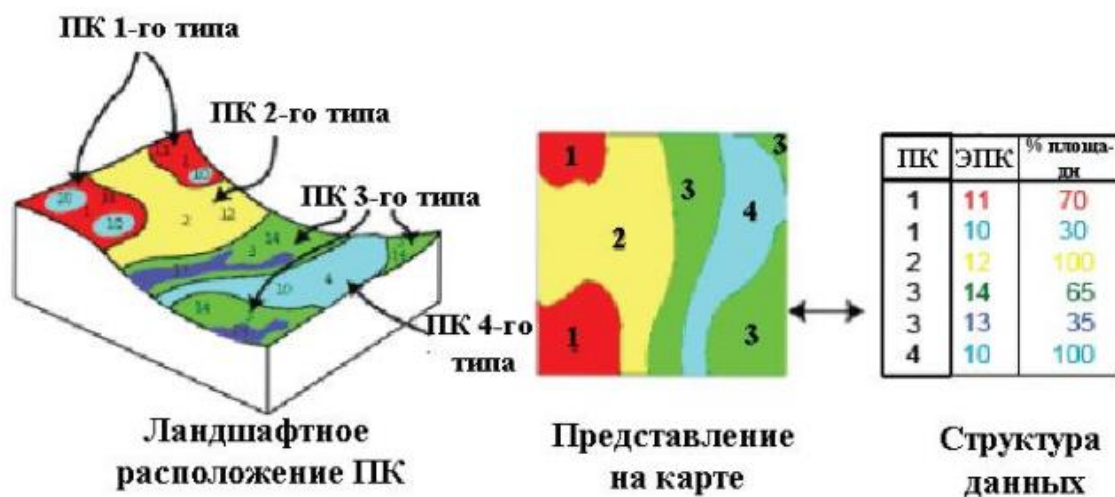


Рисунок 7 – Представление комбинаций почв в цифровой почвенной картографии (Литвинов, 2018, с.61.)

ГИС позволяет визуализировать цифровые векторные почвенные карты по любому из вносимых атрибутов или их комбинаций, можно использовать различные стили и цветовые сочетания (рис. 8). На интерактивной карте, наводя указатель на интересующий географический объект, отображается дополнительная информация о нем, также система позволяет проводить анализ и строить пространственные запросы (Литвинов, 2018)

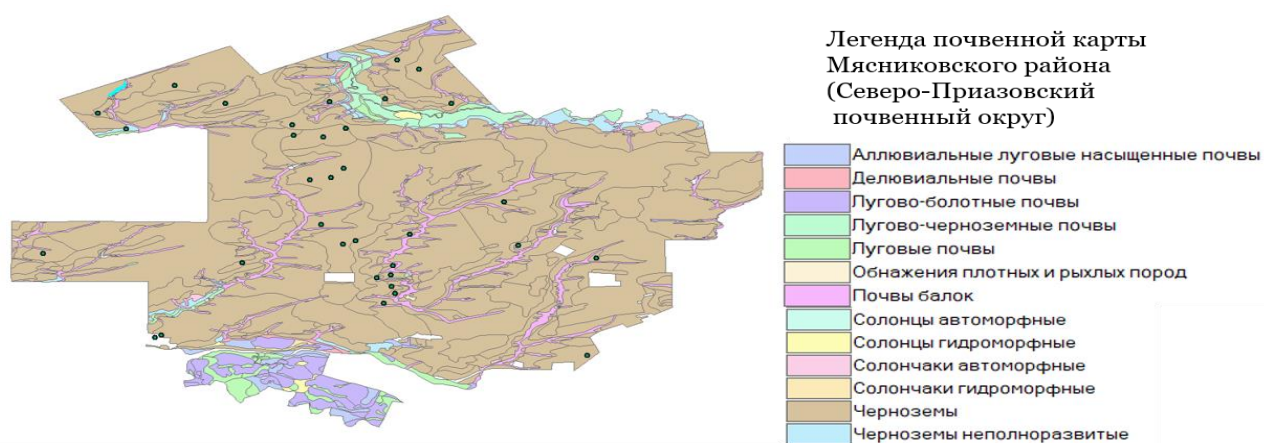


Рисунок 8 – Пример визуализации почвенной карты (контуры выделены на уровне почвенного типа)

В процессе оцифровки почвенных разрезов была определена их координатная привязка в географической системе координат WGS 84 на основе материалов крупномасштабного почвенного обследования РО. Данные ведомости результатов гранулометрического анализа из отчетов обследований были внесены

в структурированные алфавитно-цифровые таблицы и загружены в почвенную базу данных кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ, как регионального компонента Информационной системы «Почвенно-географическая база данных России» (ИС ПГБД РФ) (Голозубов и др., 2015; Литвинов, 2018; Официальный сайт Информационной системы «Почвенно-географическая база данных России», дата обращения 2022; Болдырева и др., 2021b; Болдырева и др., 2022b).

2.2.4. Методы работы с данными

В работе использовались методы морфометрического и пространственного, а также статистического анализ.

Проведено изучение тематических карт и литературных источников с детальной информацией о влиянии рельефа, ведущего фактора почвообразования, в исследуемой области, оказывающего воздействие на сток и испарение осадков, и на циркуляцию воздушных масс. Сформированный реестр почвенных ресурсов и разработанные структуры атрибутивных данных электронных разномасштабных почвенных карт (картосхем) для исследуемой территории позволили провести векторизацию почвенных карт (Крыщенко и др., 2010; Крыщенко, Голозубов, 2010; Голозубов, 2013; Павлова, 2013). С опорой на этот ресурс нами проведен морфометрический анализ (рис. 9) путем изучения цифровой модели высот (ЦМВ) с применением ГИС технологий и пространственный анализ (оверлей). Анализ почвенных карт в виде электронных слоев и отчетов собирали и представляли информацию в Базе данных (Павлова, 2013).

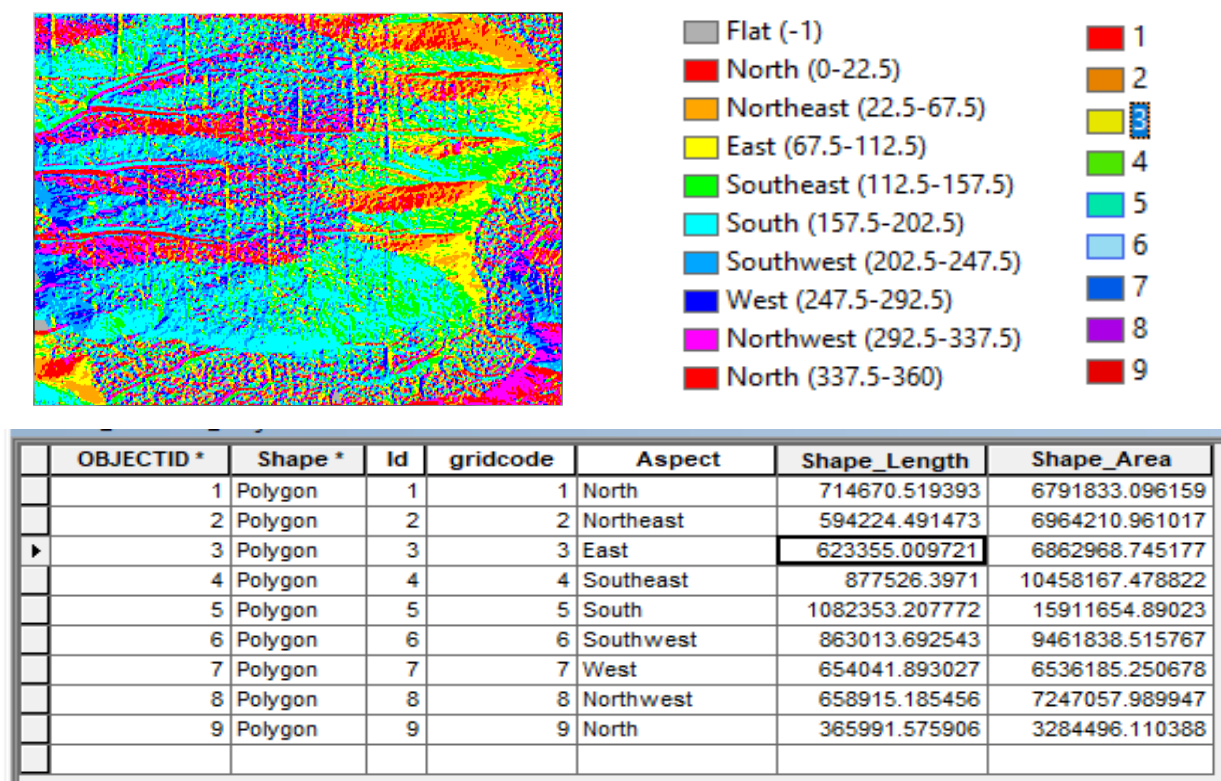


Рисунок 9 – Пример использования цифровой модели высот для изучения рельефа Северо-Приазовского района

Пространственный анализ (оверлей) – это процедура наложения тематических слоев БД для структурно-геоморфологических особенностей (рис. 10).

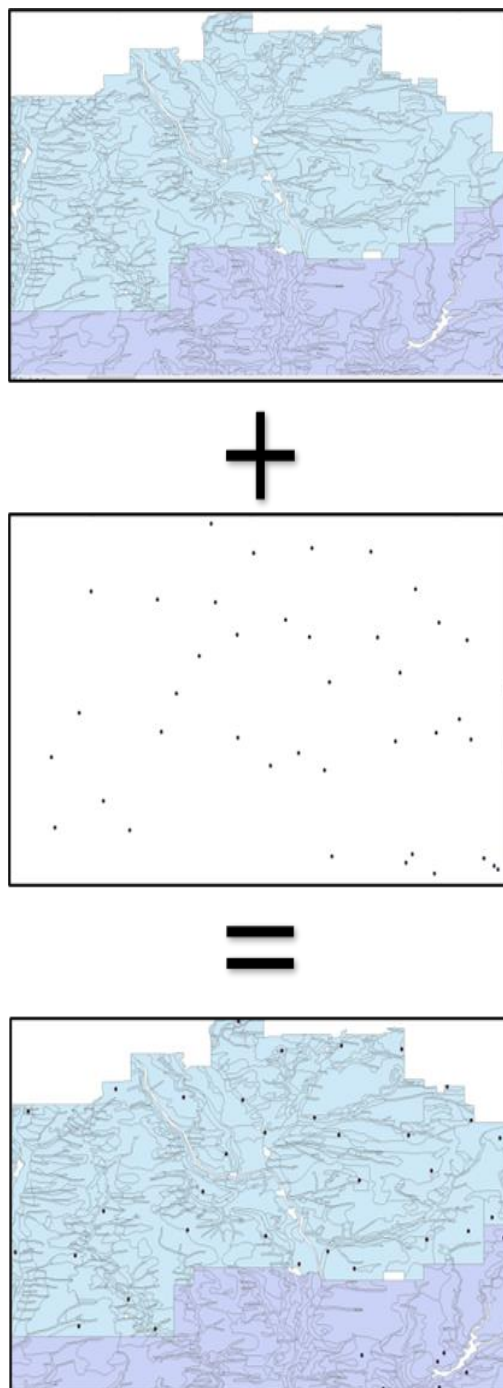


Рисунок 10 – Пример совмещения слоев почвенных контуров и почвенных разрезов

Оверлей с использованием информации о рельефе является важной частью региональных исследований по диагностике и оценке качества и состояния земель для получения новой дополнительной информации из существующих в базе

данных. Итогом процедуры перекрывания становится совершенно новый слой, атрибуты которого скомбинированы, пространственные данные преобразованы в соответствии с геометрическим преобразованием, а данные исходных слоев сохраняются в неизмененном виде. (Розенберг, Цветков, 2019).

В работе также были использованы методы описательной статистики для изучения гранулометрического состава черноземов обыкновенных РО. Были использованы методы графического анализа с использованием гистограмм и диаграммы «ящик с усами», а также описательной статистики для оценки свойств изучаемого показателя: среднее арифметическое ($\bar{x}$), стандартное отклонение (S), дисперсия (S²) и коэффициент вариации (V) (Самсонова, Мешалкина, 2020).

Метод группировок позволил нам систематизировать большой накопленный объем данных. Далее методами описательной статистики нами были получены обобщающие показатели, которые позволили охарактеризовать гранулометрический состав большой группы почв при помощи статистических величин – абсолютных, относительных и средних. Также нами был использован вариационный и корреляционный анализ, для изучения зависимостей гранулометрического состава.

Для изучения и оценки качества данных гигроскопической влаги, полученной из РПДЦ, был проведен анализ методом описательной статистики (Дмитриев, 1995; Лакин, 1990; Доспехов, 1985, Лебедева, Рыбьянец, 2002).

ГЛАВА 3. ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

3.1. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Ростовской области

Гранулометрическим составом почвы называется массовое соотношение в составе почвы частиц разного размера в пределах непрерывного ряда определенных условных групп крупности. При этом имеется в виду соотношение частиц или механических элементов, представленных минеральными зернами, органическими и органоминеральными гранулами, свободно суспендируемыми в воде после разрушения клеящих материалов. Целостность и существование механических элементов определяются молекулярными силами взаимодействия (Ковда, Розанов, 1988).

Гранулометрический состав является одним из важнейших индивидуализирующих признаков диагностики (идентификации) почв. Лабораторные методы определения гранулометрического состава дают важную информацию для решения вопросов о типовой, родовой и/или групповой принадлежности объектов почвенного происхождения на основе количественного учета размеров частиц, из которых они состоят (Егоров, 1977; Классификация и диагностика почв России, 2004).

В случае гранулометрического состава сложилась парадоксальная ситуация: для решения научных задач исследователь вправе выбрать любой из имеющихся в почвоведении методов, а при решении инженерных задач только те методы, которые регламентированы нормативным актом (ГОСТ 12536-2014).

Полевые методы определения гранулометрического состава, наиболее часто применяемые для решения практических задач, например, инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий, почвоведческих и экологических экспертиз, разработки проектов рекультивации и проектов освоения земель, не позволяют точно описать распределение частиц по отдельным фракциям. Для надежного определения этого признака, его фиксации в виде соответствующих спектров, занесения их в базу данных и последующего

автоматического сравнительного анализа необходимо использовать результаты лабораторных испытаний, различающихся как по способу подготовки проб, так и по методам их количественного учета. Роль стандартизации данных для адекватной оценки различных показателей, также подчеркивается В. Г. Мамонтовым (2021). (Болдырева и др., 2022а)

Оценка влияния различных методов определения гранулометрического состава на решение классификационных задач, имеет большое значение для разработки алгоритмов агрегирования разрозненных данных в единую Почвенно-географическую базу данных. Мы рассмотрели это на примере верхних горизонтов (0–30 см) чернозема обыкновенного карбонатного (североприазовского), поскольку именно по этой части профиля определяется принадлежность к той или иной почвенной разновидности (Захаров, 1940). Реперный разрез был заложен на территории ООПТ федерального значения Ботанический сад Южного федерального университета.

В качестве контрольного метода сравнения использован метод пипетки с пиррофосфатным способом подготовки почвенных образцов к анализу, широко применяемый в почвоведении с 1970-х г., в том числе, при выполнении почвенных обследований в институтах системы Гипрозем и представленных в Почвенно-географической базе данных. Грубо-эмпирический (полевой метод шнура) был выбран для предварительной оценки гранулометрического состава исследуемых почв (Вадюнина, Корчагина 1986).

Результаты определения гранулометрического состава почв, полученные различными методами – полевым методом шнура, методом пипетки, регламентированными международным (ISO 11277:2009) и государственным (ГОСТ 12536-2014) стандартами, а так же методом лазерной дифракции (ЛД), достаточно быстро набирающим популярность как в России, так и за рубежом, – представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение результатов определения гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного с различными подготовками и методом учета частиц. (Болдырева и др., 2022а)

Метод подготовки	Метод учета частиц	Содержание ФГ (< 0.01), %		Гранулометрический состав (классификация)
		Абсол.	Относ.	
Смачивание водой	Полевое определение метод скатывания в шнур	кольцо с трещинами 45–60	±15	Тяжелый суглинок (Вадюнина, 1986) Корчагина,
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) – принят за контрольный	Метод пипетки	52,56	0	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Кислотно-щелочной (метод Н.А. Качинского)		55,34	+5,15	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ГОСТ 12536-2014	Ареометрический метод	31,7	-39,77	Средний суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ГОСТ 12536-2014 с увеличением количества пипетатора до 60 мл		49,2	-6,52	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ISO 11277:2009		28	-46,8	Легкий суглинок (Качинский, 1965); Пылеватый суглинок (USDA)
Сухой образец, просеянный через сито 1 мм + УЗ*	Метод лазерной дифракции ISO 13320-1:1999	48,36	-8,12	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Замачивание в пирофосфате на сутки		59,81	+13,64	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Сухой образец, просеянный через сито 1 мм		4,45	-91,55	песок рыхлый (Качинский, 1965)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79)		61,6	+17,04	Глина легкая (Качинский, 1965); Глинисто-пылеватый суглинок (USDA)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) + УЗ включен во время добавления суспензии		29,45	-44,04	Легкий суглинок (Качинский, 1965); Тонкий суглинок (USDA)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) + предварительная и постоянная обработка УЗ 99 тах		73,89	+40,39	Глина легкая (Качинский, 1965); Глинисто-пылеватый суглинок (USDA)

*УЗ – обработка ультразвуком

Исследования гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного показали, что причины несоответствия результатов анализов в одних и тех же почвенных образцах, полученных с использованием рассматриваемых методов, связаны исключительно с различными подходами к подготовке почвенных образцов к лабораторным испытаниям.

Полевой и пирофосфатный методы определения гранулометрического состава дают сходные результаты при идентификации разновидности почвы, которые соотносятся с литературными данными относительно выбранного образца, почвы и места отбора.

Установлено, что для исследованных нами образцов чернозема обыкновенного карбонатного наиболее близкие результаты и попадание в один и тот же класс почвы по гранулометрическому составу показал оригинальный метод Качинского с кислотно-щелочной подготовкой почвы и учета количества частиц методом пипетки – 55,34%, что на 5,15% отличается от стандартного (контрольного) метода. Внутри разновидности распределение по фракциям может иметь расхождения (Болдырева и др., 2022а).

Установлено, что при подготовке, рекомендуемой ареометрическим методом, значение физической глины составляет 31,7%, а отклонение от значений, полученных стандартным методом, достигает -39,77% (относительных), в то время как, при увеличении количества пипетзатора в два раза выход физической глины возрастает до 49,2%, а отклонение от значения, полученного контрольным методом, составило только -6,52% (Шкуропадская, 2019).

При использовании метода лазерной дифракции, характеризующегося простотой выполнения, получаются очень разнородные результаты, что вместе с отсутствием классификации, пригодной для использования при интерпретации данных, является сдерживающим фактором для его внедрения в практику. В нашем исследовании мы выяснили, что для этого способа учета механических частиц подходит два варианта подготовки, при которых разновидность почвы определяется в соответствии с литературными данными, характерными для данного типа почв:

1) сухое просеивание образца через сито в 1 мм и его последующей обработкой ультразвуком: количество физической глины при такой подготовке достигло 48,36%, однако все равно было ниже значений, получаемых стандартным способом на 8,12%;

2) стандартная пирофосфатная подготовка с небольшой модификацией – замачивание на сутки, вместо растирания, как это рекомендовано ГОСТ №12536-2014. В результате выход физической глины составил 59,81%, с относительным отличием +13,64. Важно, что данный способ уменьшает активное время подготовки (Болдырева и др., 2022а).

Поскольку для ЛД отсутствует регламентированный метод подготовки к анализу, нами были проверены различные способы подготовки. При использовании стандартных для других методов способов подготовки результаты определения гранулометрического состава методом ЛД получаются сильно завышенными, почва классифицируется как более тяжелая. С одновременным применением для подготовки к анализу общепринятой методики и возможностей оборудования, а именно ультразвуковой установки, также происходит утяжеление класса (Болдырева и др., 2019а; Болдырева и др., 2022а).

Был применен принцип логико-терминологического анализа, который основан на описании предмета исследования системой терминов и понятий (дефиниций), и позволяет определять его границы и наиболее характерные признаки, а также выделить его из совокупности подобных тел, явлений, процессов, свойств: термин – дефиниция – метод – результат – классификация (Морозов, Безуглова, 2011). Применительно к гранулометрическому составу почвы (один термин), у нас есть одно определение, несколько методов подготовки и способов учета, и одна классификация, разработанная Н. А. Качинским конкретно для его метода определения гранулометрического состава (1965). В то же время эту классификацию используют и для интерпретации результатов, полученных другими методами, что, на наш взгляд, является недопустимым. Это связано с тем, что, не корректно систематизировать результаты, полученные методами, основанными на разных физических принципах, а также сравнивать их между

собой без применения специальных корреляционных шкал. В работе А.В. Юдиной с соавторами (2020) предлагается при использовании ЛД проводить калибровку существующих классификаций непосредственно на основе определения гранулометрического состава методом ЛД и проверки текстурного класса полевым методом. Как показали наши исследования полевой метод действительно дает сходные результаты с методом пипетки, тем не менее задача разработки оценочной шкалы (классификации почв по гранулометрическому составу) для результатов, полученных методом ЛД, остается актуальной. (Болдырева и др., 2022а)

Одной из существенных проблем агрегирования разрозненных данных является необходимость стандартизации и учета контекста получения данных, который для гранулометрического состава выражается в различных способах подготовки и в методах количественного учета элементарных почвенных частиц.

Результаты исследования демонстрируют сложность и возможные трудности при формировании Почвенно-географической базы данных и последующем внесении атрибутивной информации о гранулометрическом составе, полученной с использованием разных способов подготовки и методов количественного учета. При этом фактически одна и та же почва, может быть классифицирована в зависимости от выбранного метода как разновидность от песка рыхлого до глины легкой (Bezuglova, 2021a; Болдырева и др., 2022а).

Обилие данных, качество и их использование, как основной движущий фактор знаний в развитии почвоведения, может иметь методологические последствия, которые трудно предсказать в зависимости от того в каких расчетах данные будут использоваться. Источниками данных могут стать – статьи, технические отчеты и картографические материалы, монографии, отечественные и зарубежные организации (NASA, Google), частные и национальные почвенные базы данных (Атлас земель сельскохозяйственного назначения РФ, ИС ПГБД РФ, ГИС – «Почвы Дагестана», CanSIS, ASRIS, SOTER, NASIS и пр.) и региональные (Залибеков и др., 2012; Безуглова и др., 2018b; Залибеков и др., 2019; Алябина, др. 2020), перечисленные источники могут быть в открытом или платном доступе, но все ли данные одинаково достоверны для использования в научных целях? Каковы

риски, проблемы и крайние претензии в исследованиях почв на основе данных? Это еще один шаг, связанный с множеством предположений и решений. Данные всегда необходимо рассматривать в контексте того, когда, кем и каким методом они были получены (Wadoux, 2021). Это так же касается и данных гранулометрического состава.

Например, результаты определения гранулометрического состава не существуют сами по себе, а получены заранее и генерируются из определенного представления или гипотезы и контекста – каковы датчик, методика и исследователь. В данном конкретном случае они были собраны нами посредством оцифровки архивных источников – материалов почвенного обследования, собранных в отчеты большим коллективом за длительный промежуток времени. При сборе в отчет эти данные уже прошли через субъективные фильтры – опыт работы в лаборатории, большой поток образцов, и через объективные фильтры – ошибка опыта и прочие статистические выбраковки ошибочных данных, которые используются в любом производственном процессе. Потому что даже при самых строгих и тщательных методах определения и увеличении повторностей, данные несовершенны и изменчивость всегда будет сохраняться. Независимо от потенциальных ошибок изменчивость гранулометрического состава может быть велика, и при работе над созданием БД это следует учитывать. (Болдырева и др., 2022a)

Наши исследования, изложенные в данной главе, подтверждают, что контекст получения данных имеет важную роль. Так, известно, что довольно долгое время в практике производства почвенных исследований в ГИПРОЗЕМе использовался метод пипетки Качинского с классической кислотно-щелочной подготовкой. Это подтверждается тем фактом, что в старых архивных отчетах приблизительно до 70-х годов, в таблицах о данных гранулометрического состава можно наблюдать колонку «потеря при обработке HCl», тогда как позже её перестали указывать, вследствие перехода на другой способ подготовки – пирофосфатный, но пока задокументированного факта этого перехода с одной подготовки на другую мы не нашли.

Таким образом, результаты определения разновидности почвы по ее гранулометрическому составу полевым методом имеет сходимость с пипет-методом в пределах текстурного класса. Метод пипетки при разных способах подготовки к анализу (кислотно-щелочном и пирофосфатном) для верхних (0–30 см) горизонтов чернозема обыкновенного карбонатного дает результаты, позволяющие определить гранулометрический состав как один текстурный класс (разновидность). В пределах разновидности распределение механических элементов по фракциям может отличаться, однако при увеличении содержания карбонатов вниз по профилю расхождения между результатами испытаний увеличиваются за счет потери карбонатов при кислотно-щелочном способе подготовки почвенных образцов к анализу.

Ареометрический метод (ГОСТ 12536-2014) необходимо модифицировать в части подготовки образцов к анализу. Для получения корректных результатов по сравнению с контрольным методом пипетки необходима корректировка соотношения «почва-пептизатор», а именно увеличение количества пирофосфата натрия в 12 раз.

Результаты определения гранулометрического состава почвы методом лазерной дифракции в значительной степени отличаются от данных, получаемых методом пипетки. Степень дисперсности одного и того же исследуемого образца будет зависеть от выбираемого способа подготовки почвы к анализу. Наиболее близкие с контрольным методом пипетки результаты получаются при использовании следующего способа подготовки: сухое просеивание образца через сито в 1 мм с последующей обработкой ультразвуком. В этом случае для чернозема обыкновенного карбонатного различие с контрольным результатом минимально и составляет в среднем 8,12% в сторону уменьшения. (Болдырева и др., 2022а)

3.2. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции

Что касается метода лазерной дифракции и пополнения его результатами баз данных, то в России, несмотря на наличие интересных работ по этой проблеме

(Шеин и др., 2007; Шеин, Мадн, 2018), исследования ведутся пока не столь активно, как они того заслуживают. Однако есть большое количество зарубежных исследований, в которых для изучения различий и корреляции между классическим методом пипетки и методом лазерной дифракции, выяснения эквивалентных размеров частиц между рассматриваемыми методами, используются как раз подобные базы данных, где данные гранулометрического состава получены именно методом лазерной дифракции (Мако, 2017; Fisher, 2017). Поэтому остановимся на нем подробнее. Метод сравнительно новый, он имеет существенные преимущества, но и не лишен некоторых недостатков. (Болдырева и др., 2022а)

Метод лазерной дифракции обладает следующими преимуществами (Analysette 22 NanoТес. Руководство пользователя, 2018):

- значительное сокращение времени проведения анализа – до 1–3 мин;
- высокая информативность метода, которая обеспечивается широким диапазоном размеров частиц (от 1000 до 0,05 мкм);
- возможность определения фракционного состава как частиц, так и микроагрегатов;
- устройство прибора и программное обеспечение позволяют рассчитать (построить модель) форму частиц, определить расчетные величины d_{90} , d_{60} , d_{50} и d_{10} , отношение которых, вероятно, может быть использовано для идентификации образцов и т. д.;
- высокая точность и воспроизводимость результатов анализа за счет 110 каналов измерения;
- возможность использования микроколичеств образца (от 1 г для сухих образцов и около 3–5 мл – для суспензии);
- расширенные возможности для интерпретации полученных данных: графики, таблицы, модели, наличие встроенного программного пакета для статистической обработки результатов измерений и др.

Главное преимущество – быстрота, высокая точность и воспроизводимость получаемых результатов, что сделало метод лазерной дифракции наиболее часто

используемым в качестве сопутствующего, позволяющего получить важнейшую генетическую характеристику почвы, от которой зависят практически все свойства почвы в целом (Хазарьян, 2012; Хазарьян, 2013; Болдырева и др., 2015; Болдырева и др., 2019b).

Однако в настоящее время фактическая база исследований сформирована слабо, что не позволяет уверенно судить о сходимости результатов, полученных при использовании метода лазерной дифракции, с существующими классификационными и методическими подходами, разработанными на основе методов седиментометрии. Ранее нами было установлено, что для систематизации результатов исследований, полученных методами, в основе которых лежат разные принципы и механизмы определения фракционного состава частиц, некорректно использовать единую классификацию (Болдырева др., 2015; Болдырева и др., 2019b).

Иными словами, в основе классификации почв и грунтов по гранулометрическому составу Н. А. Качинского лежит принцип седиментации, что, соответственно, позволяет интерпретировать результаты, полученные исключительно методом пипетки. Следствием этого является необходимость построения новой классификационной шкалы, которая основывалась бы на систематизации результатов, полученных методом лазерной дифрактометрии. В настоящее время появляются всё больше исследований, которые предлагают различные пути решения, от корреляционных коэффициентов пересчета и трансформации способов подготовки, до составления педотрансферных функций, но пока метод не стандартизирован и не получил широкого применения и интерпретации (Yang, 2015; Mako, 2017; Юдина, 2020; Polakowski, 2021).

Также важным преимуществом метода называют «исключение субъективного фактора», однако отсутствие общепринятой методологии и рекомендаций, на наш взгляд, приводит к несводимости результатов, получаемых в разных лабораториях, так как авторами используются разные схемы проведения анализа, способы пробоподготовки и интерпретации результатов. Обусловлено это тем, что исследователи подбирают необходимые параметры и тактику для

достижения желаемых целей, что как раз и накладывает отпечаток субъективности на полученные результаты.

Такой подход формирует важнейший недостаток метода – невозможность сравнения и сопоставления данных, полученных в разных исследованиях, а именно отсутствие стандарта на проведение гранулометрического анализа методом лазерной дифракции, особенно на стадии пробоподготовки. Ведь именно она является главным фактором, определяющим выход ЭПЧ.

Кроме того, в ходе наших исследований была выявлена и применена возможность исследовать размываемость микроагрегатов суспензии, проводя многократное (до 3–5 измерений) сканирование образца, поскольку суспензия пропускается через систему призм под высоким давлением (4 бар), неизбежно происходит разделение (размывание) части почвенных агрегатов на составляющие их ЭПЧ.

Обзор научной литературы, посвященной сравнительному анализу методов лазерной дифракции и пипет-метода, показал наличие существенных отличий в результатах оценки относительного содержания ила ($<0,001$ и $<0,002$ мм для отечественных и зарубежных исследований соответственно). Так, для результатов, полученных методом лазерной дифракции, характерно пониженное содержание фракции ила (в несколько раз) по сравнению с результатами, получаемыми методом пипетки (Шеин, 2006; Блохин, Кулижский, 2009; Кулижский, 2010; Хазарьян, 2013; Yang, 2015; Polakowski, 2021). И для этого есть ряд причин, описываемых различными авторами:

- при определении гранулометрического состава почв в водной среде методом пипетки возможно образование на микрочастицах почвы оболочки из органоминерального геля, способствующей формированию устойчивых «ядер» микроагрегатов. Это увеличивает их диаметр, но уменьшает плотность, а следовательно, замедляет скорость оседания частиц и соответственно повышает выход илистой фракции (Шеин, 2006);

- существенные различия обусловлены различной формой частиц, например пластинчатой, игольчатой и др. (Buurman, 1997; Шинкарев, 2010);

- плотность частиц может широко варьировать, что вызывает ошибки при исследовании гранулометрического состава пипет-методом, так как плотность в этом анализе принимается за константу (Konert, 1997);

- метод пипетки дает представление об эффективном диаметре гидратированных комплексов, в то время как метод лазерной дифракции – об «истинном» эффективном диаметре частиц (Болдырева и др., 2015);

- выбор алгоритма расчета фракционного состава (теории рассеивания Фраунгофера или Ми, для последней необходимо знать коэффициенты преломления и поглощения материала пробы, хотя в отличие от первой она подходит для слишком малых диаметров частиц) (Ryzak, Bieganski, 2011);

- изменение границ фракций в соответствии с требованиями классификаций, а также с задачами исследования (Мако, 2017);

- конфигурация прибора такова, что детектор насыщения срабатывает при определенном, достаточном для анализа количестве образца (выставляется оператором), содержащего большое количество фракций, а комбинация ЭПЧ в них может быть чрезвычайно разнообразна, в результате чего доля одних частиц может быть недооценена, а других переоценена (Kowalenko, Babuin, 2013);

- выбор других настроек, заложенных в возможностях оборудования, таких как возможность изменения процесса и длительности диспергирования, числа измерений и временных интервалов, настраиваемые варианты воздействия ультразвука на исследуемые суспензии, изменение которых так или иначе влияет на результат гранулометрического анализа.

От всех этих факторов, а также от многих других, выяснение которых является актуальной задачей физики почв на сегодняшний день, зависят конечные результаты определения гранулометрического состава методом лазерной дифракции.

Таким образом, появление принципиально нового оборудования и, соответственно, метода изучения дисперсности почв и грунтов на основе лазерной дифракции предопределяет необходимость исследований, посвященных выяснению области ограничений в применении этого метода именно к почвенным

объектам, и ставит перед исследователями ряд вопросов, которые предполагают коррекцию многих устоявшихся представлений о строении, составе и свойствах твердой части почв и грунтов.

Для правильного понимания получаемых методом лазерной дифракции результатов анализа необходимо быть уверенными в том, что они соответствуют природе вещества и точно отражают фракционный состав ЭПЧ, формирующих его твердую часть. Иными словами, необходимо ответить на один из основных вопросов: каков «истинный» размер фракций ЭПЧ и соответствуют ли эти размеры тем, которые определяются данным методом? Необходимо проанализировать возможности и особенности использования метода лазерной дифракции для изучения гранулометрического состава почв.

Для решения данной задачи нами исследованы различные по природе и степени дисперсности образцы порошков:

- порошки стандартные (производство Fritsch, Германия), используемые для калибровки и поверки прибора;
- мономинеральные порошки известного состава и степени дисперсности (ZnO и TiO_2);
- природный речной песок кварцевый;
- «суточная» проба (фракция ЭПЧ с диаметром частиц по Стоксу $<0,001$ мм), отобранная при анализе методом пипетки из гор. Ад чернозема обыкновенного карбонатного.

Для определения гранулометрического состава использовали блок мокрого диспергирования лазерного анализатора размера частиц Analysette 22 NanoTec (ISO 13320-1:1999).

Программное обеспечение прибора имеет стандартные операционные процедуры (СОП), которые также можно изменять согласно целям исследования. Выбрав подходящую, оборудование проводит автоматическую настройку процесса и длительности диспергирования, числа измерений, временных интервалов и другие необходимые настройки. Одна из таких процедур и была использована нами для калибровки и поверки прибора.

Гранулометрический состав песка речного кварцевого определяли следующим образом. Воздушно-сухой образец помещали в блок мокрого диспергирования до срабатывания детектора насыщения, порог которого установлен на 15 %. Для оценки рассеивания выбрана теория Фраунгофера, установлены следующие границы фракций: 1–0,25; 0,5–0,25; 0,25–0,05; 0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001; <0,001. Диспергирование образца происходило в период добавления пробы, длительность установлена автоматически (СОП). Дополнительного ультразвукового воздействия не проводилось.

Анализ размера частиц мономинеральных порошков проводили также с использованием блока мокрого диспергирования, куда помещали воздушно-сухие образцы при установленных настройках прибора: теория Фраунгофера, порог насыщения 15 %. Проводили однократное сканирование с постоянной обработкой ультразвуком и дополнительной в течение 99 секунд для обеспечения полной дезагрегации и дисперсии порошка.

Суспензии для гранулометрического анализа подготовлены нами в полном соответствии с общепринятой методикой (Вадюнина, Корчагина, 1986). Затем через строго заданный интервал времени была отобрана «суточная» проба, в ней определяли фракционный состав ЭПЧ с использованием лазерного дифрактометра. При этом каждую пробу загружали в блок мокрого диспергирования анализатора, затем проводили последовательное сканирование (сканирование № 1). Далее пробу, оставленную в аппарате, повторно сканировали (сканирование № 2). Аналогичным образом выполнили сканирование № 3, и далее сканирование № 4–6 (та же самая проба) проводили с включением ультразвука по тому же принципу.

Результаты (табл. 4) свидетельствуют о том, что используемый анализатор Analysette 22 NanoTec откалиброван и работает корректно. Испытания стандартного образца показали, что полученные данные соответствуют паспорту образца, а ошибка не превышает установленные стандартом величины. Таким образом, используемый анализатор дисперсности порошковых сред позволяет определять заявленные производителем эффективные диаметры частиц стандартного порошка F-500.

Таблица 4 – Гранулометрический состав стандартного порошка F-500 (Fritsch, Германия) (метод лазерной дифракции), мкм

№ измерения	Эффективный диаметр частиц					
	D10		D50		D90	
	стандарт	образец	стандарт	образец	стандарт	образец
1	8,200	8,328	16,664	16,692	30,109	30,095
2	8,201	8,344	16,698	16,623	30,303	30,174
3	8,184	8,249	16,654	16,646	30,133	30,297
4	8,184	8,253	16,635	16,638	30,067	30,224
5	8,180	8,345	16,639	16,670	30,081	30,088
Ошибка средней	0,004	0,022	0,011	0,012	0,043	0,039

В качестве образца известной природы нами использован речной песок кварцевый, который ситовым методом разделили на фракции (таблица 5):

- образец № 1, общий песок (<1 мм);
- образец № 2, фракция среднего песка (0,5–0,25 мм);
- образец № 3, мелкозернистый песок с преобладанием фракции мелкого песка (<0,25 мм).

Полученные результаты показали, что преобладающими фракциями в исследуемом общем образце являются фракции среднего и мелкого песка, на долю которых приходится 77,97 %. Всего сумма фракций физического песка достигает 90,21 %, что позволяет характеризовать данный объект как песок связный мелкозернистый.

Таблица 5 – Гранулометрический состав песка речного кварцевого (метод лазерной дифракции)

Образец	Гранулометрический состав в %, размер фракций ЭПЧ в мм							Сумма фракций в %	
	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	> 0,01	< 0,01
№ 1, < 1 мм	0,15	32,65	45,32	12,09	4,86	4,01	0,92	90,21	9,79
№ 2, 0,5–0,25	3,82	77,16	11,88	3,79	1,48	1,45	0,42	96,65	3,35
№ 3, < 0,25	0	9,72	82,67	4,19	1,29	0,53	1,6	96,58	3,42

Полученные результаты показали, что преобладающими фракциями в исследуемом общем образце являются фракции среднего и мелкого песка, на долю которых приходится 77,97 %. Всего сумма фракций физического песка достигает

90,21 %, что позволяет характеризовать данный объект как песок связный мелкозернистый.

Интерес вызывают два других образца природного песка (№ 2 и 3). Для анализа нами были получены две фракции 0,5–0,25 и <0,25 мм методом просеивания. В полученных таким образом образцах определили фракционный состав частиц. Основная цель эксперимента – определить, насколько будут совпадать результаты, полученные методом дифракции и методом просеивания. Результаты эксперимента показали, что полученные данные практически полностью соответствуют друг другу.

В таблице 6 приведены результаты определения состава фракции, извлеченной из суточной пробы пипет-метода, на анализаторе Analysette 22 NanoТес. И здесь наблюдаются существенные различия между результатами, полученными методом пипетки и методом лазерной дифракции. По условиям метода пипетки в эту пробу попадают фракции ЭПЧ с диаметром <0,001 мм, т. е. количество «суточной» пробы полностью соответствует содержанию в почве илистых частиц, а массовая доля «суточной» пробы точно соответствует массовой доле илистой фракции в исследуемом образце.

Таблица 6 – Фракционный состав ЭПЧ «суточной» пробы почвы чернозема обыкновенного карбонатного, %

Название пробы	Размер фракций в мм и их содержание					
	сканирование	ультразвук	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Метод пипетки						
Суточная	–	–	–	–	–	36,84
Метод лазерной дифракции						
Суточная	1	Выкл.	11,7	41,2	41,5	5,5
	2	Выкл.	23,4	47,2	16,8	12,7
	3	Выкл.	24,0	46,8	16,7	13,0
	4	Вкл.	22,2	44,2	19,0	14,7
	5	Вкл.	22,7	44,1	19,5	14,8
	6	Вкл.	22,5	42,7	34,9	15,2

Однако, проведенные измерения показали, что в «суточной» пробе количество собственно илистых частиц после первого сканирования не превышает 5,5 %.

Последовательное сканирование с использованием ультразвука приводит к их постепенному увеличению, хотя и не столь высокому, как предполагалось – после сканирования № 6 (ультразвук) их содержание составило всего лишь 15,2 %. (Болдырева и др., 2019a)

Следует отметить, что по мере увеличения количества сканирований и интенсивности воздействия ультразвука возрастает содержание илистой фракции, т. е. последовательное сканирование почвенной суспензии позволяет определить степень устойчивости исследуемого образца к размывающему действию воды (при использовании блока мокрого диспергирования). Можно предположить, что за счет разрушения микроагрегатов (органоминеральных или гидратированных комплексов) многократное измерение одной и той же пробы сопровождается увеличением выхода тонких фракций почвенных частиц.

Проведенные исследования позволяют нам сделать предположение о том, что использование метода лазерной дифракции дает представление об «истинном» эффективном диаметре частиц, в то время как метод пипетки – об эффективном диаметре гидратированных комплексов (Болдырева и др., 2015).

Для проверки данного предположения мы провели сравнительные исследования с порошками оксидов TiO_2 и ZnO , для которых методом электронной микроскопии (растровой и просвечивающей соответственно) были точно установлены эффективные диаметры частиц (<50 и <2 мкм соответственно), что позволило нам использовать их в качестве объекта моделирования в данном эксперименте.

Нами проведен анализ дисперсности данных образцов с использованием лазерной дифракции, и результаты измерений показали, что 100 % частиц ZnO имеют эффективный диаметр <2 мкм, а по данным электронной просвечивающей микроскопии содержание частиц данного диаметра составляет 99,98 %. Результаты исследований дисперсности практически совпадают (рисунки 11, 12).



Рисунок 11 – Изображение частиц ZnO, полученное методом электронной просвечивающей микроскопии (НПП «Технологика»)

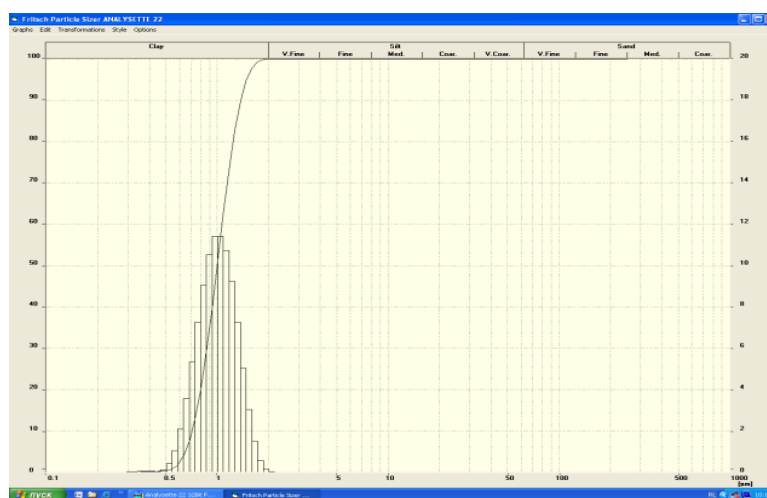


Рисунок 12 – Кумулятивная кривая результатов определения дисперсности ZnO методом лазерной дифракции (данные автора)

Полученные данные свидетельствуют, что лазерная дифракция дает практически полное совпадение с результатами, получаемыми с использованием электронной микроскопии, и позволяет определить «истинный» размер частиц. В данном случае на рисунках 13, 14 приведены результаты исследования частиц TiO_2 с эффективным диаметром < 50 мкм. По результатам лазерной дифракции получается, что 100 % оксида титана имеют размер частиц от 50 мкм и меньше.

Таким образом, необходимо отметить, что при отсутствии стандарта на проведение исследования гранулометрического состава почв и грунтов методом лазерной дифракции результаты будут зависеть от большого количества переменных, начиная от возможностей самого применяемого оборудования, заканчивая параметрами, установленными исследователем.

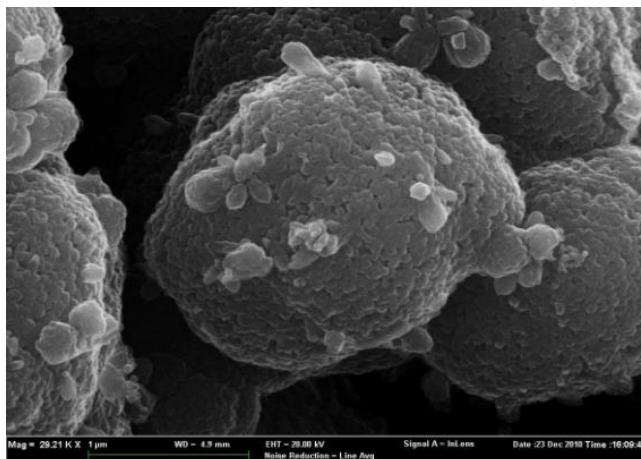


Рисунок 13 – Изображение частиц TiO_2 , полученное методом растровой электронной микроскопии (данные автора)

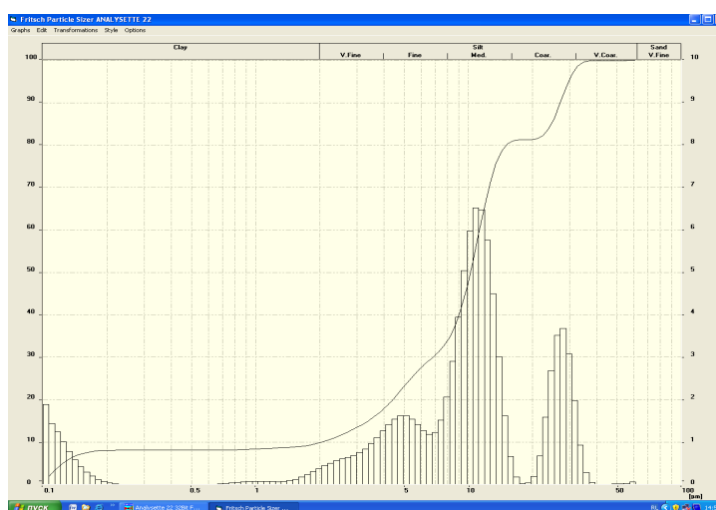


Рисунок 14 – Кумулятивная кривая результатов определения дисперсности TiO_2 методом лазерной дифракции (данные автора)

Проведенный нами эксперимент с образцами природного песка позволил определить, что результаты, полученные методом дифракции и методом просеивания, практически полностью соответствуют друг другу.

Данные, полученные в результате модельного эксперимента с порошками оксидов, свидетельствуют, что лазерная дифракция дает практически полное совпадение с результатами, получаемыми с использованием электронной микроскопии, и позволяет определить «истинный» размер частиц.

Результаты определения гранулометрического состава почвы методом лазерной дифракции в значительной степени отличаются от данных, получаемых методом пипетки. Так, по результатам лазерной дифракции размер определяемых

частиц превышает заявленный размер ЭПЧ «суточной» пробы, а содержание самих частиц диаметром $< 0,001$ мм на порядок ниже, чем определено методом пипетки. Такие различия могут быть обусловлены как одной из рассматриваемых причин, так и их совокупностью.

Выход той или иной фракции ЭПЧ, т. е. степень дисперсности одного и того же исследуемого образца, будет зависеть от выбираемой схемы измерения. Результаты измерений, во-первых, существенно зависят от продолжительности воздействия воды на почвенные микроагрегаты, которые в виде суспензии пропускают через систему линз лазерного дифрактометра под высоким давлением (4 бар) и на большой скорости. Во-вторых, степень дисперсности исследуемого образца будет зависеть от его предварительной подготовки. В-третьих, существенным фактором является использование ультразвуковой установки, которая позволяет регулировать длительность (интенсивность) этого воздействия на суспензию. Все эти факторы в своей совокупности влияют на устойчивость почвенных микроагрегатов, а следовательно, и на результаты, получаемые методом лазерной дифракции.

Таким образом, на данном этапе изученности метода ЛД результаты, получаемые этим методом, нельзя включить в общие выборки данных гранулометрического состава. Однако не исключено, что в будущем этот метод получит более широкое распространение, поэтому эти данные также необходимо сохранять в БД, однако отдельным массивом.

Результаты работы, описанные нами в главе 3, и анализ литературы по теме свидетельствуют о большой важности и необходимости учета выбора метода в связке: термин – дефиниция – метод – результат – классификация применительно к гранулометрическому составу почвы. В исследуемой нами базе данных подавляющее количество результатов анализов гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных получено пипет-методом в модификации Долгова-Личмановой. Поэтому большое значение имеет то, в каком виде и состоянии данные гранулометрического состава внесены/находятся в базе, поскольку последующее их использование для всевозможных целей, требующих

наличия результатов гранулометрического состава, исследование взаимосвязей физических и физико-механических свойств почвы, а также для задач почвенно-экологических и почвенно-грунтовых изысканий, будет влиять на качество и компетентность расчетов и прогнозов, которые напрямую зависят от качества использованных данных.

ГЛАВА 4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ДАТА-ЦЕНТРОВ

4.1. Принципы работы с большими объемами данных

Актуальность разработки принципов диагностики физических свойств почв с использованием данных РПДЦ обусловлена большим массивом накопленных данных, тенденцией к переходу на цифровые технологии, созданием репозитория данных и применением искусственного интеллекта. Необходимо систематизировать и перерабатывать, а также разрабатывать новые технологии, агротехнологии, создавать способы и приемы управления естественными и искусственными ландшафтами для получения качественно новой информации на основе вторичного и третичного анализа первичных материалов, тех, что накоплены на базе РПДЦ (Болдырева и др. 2022d).

Несомненным вызовом для почвоведения является извлечение знаний и соответствующей информации из все более крупных, разнообразных и сложных наборов данных о почве. В последнее время большое внимание уделяется исследованиям с большим объемом данных (Bui, 2016; Minasny & McBratney, 2013), для которых все больше привлекают машинное обучение, чтобы исследовать эти репозитории данных. При большом количестве различных данных о почве, в нашем конкретном случае о гранулометрическом составе, позволительно напрямую приступать к их использованию и анализу, построению гипотез и нахождению новых взаимосвязей почвенных свойств, однако, без грамотного подхода, подкрепленного уверенностью в полноте и достоверности данных, их большое количество может привести к ошибкам, и к получению непригодного к работе массива выборок (Болдырева и др. 2022d).

Для того чтобы использовать данные РПДЦ для всевозможных расчётов, требующих наличия результатов гранулометрического состава, исследование взаимосвязей физических и физико-механических свойств почвы, а также для задач почвенно-экологических и почвенно-грунтовых изысканий необходимо выстроить алгоритм действий и провести экспертную оценку их состава и качества.

Обилие данных это с одной стороны мощный ресурс для продвижения науки, с другой стороны – ответственность за их качество и перспективы использования. Как мы уже описали возникает масса вопросов о том какие данные, как и кем они получены, и для чего они будут использоваться.

В этой главе обсуждается система (иерархическая система) принципов интерпретации данных гранулометрического состава в почвоведении: «Логико-терминологический анализ → Контекстность данных → Проверка и подтверждение данных → Полнота информации → Систематизация и обобщение (получение информации более высокого порядка)», и попытки предоставить некоторые контексты и вводный взгляд на концептуальные проблемы, относящиеся к исследовательским стратегиям, руководствуясь свойствами выборок и их обработкой, а не только гипотезами (Болдырева и др., 2022b).

Принципы, лежащие в основе работы с базами данных, изложены ниже.

1 принцип. Логико-терминологический анализ

Для анализа и верификации любых результатов полезно применять принцип логико-терминологического анализа, который основан на описании предмета исследования системой терминов и понятий (дефиниций), и, как мы описывали выше позволяет определять границы исследуемого объекта, а так же наиболее характерные признаки, которые выделяют его из совокупности ему подобных (Морозов, Безуглова, 2011), пример для чернозема обыкновенного карбонатного приведен в таблице 7.

В настоящее время сложилась такая ситуация, когда классификация, разработанная Н. А. Качинским конкретно для его метода определения гранулометрического состава (1965), используется и для интерпретации результатов, полученных другими методами, что, на наш взгляд, является недопустимым. А как мы выяснили ранее, не корректно систематизировать результаты, полученные методами, основанными на разных физических принципах, так же, как и сравнивать их между собой без применения специальных корреляционных шкал.

Чтобы разработать принципы четко надо выстроить методику по каким стандартам будет происходить определение пригодности тех или иных данных. Если,

например, указывается гранулометрический состав по стандартной гостированной методике, значит обязательно необходимо указание гигроскопической влажности, которая используется при вычислении. И так необходимо расписывать каждый принцип и тонкости для каждого метода, результаты которого планируются для внесения и для дальнейшего их использования. Отсюда можно вывести второй принцип.

Таблица 7 – Пример применения логико-терминологического анализа. (Болдырева и др. 2022d)

Термин	Гранулометрический состав
Дефиниция	Относительное содержание в почве, осадке, горной породе или антропогенных образованиях частиц различных размеров независимо от их химического или минералогического состава
Метод	Пирофосфатный метод в модификации Долгова-Личмановой
Результат	61% физической глины
Классификация	Легкоглинистая разновидность почвы по классификации Н. А. Качинского

2 принцип. Контекстность данных

Данные всегда необходимо рассматривать в контексте того, когда, кем и каким методом они были получены, в том числе и данные гранулометрического состава. В нашем конкретном случае они были собраны нами посредством оцифровки архивных источников – материалов почвенных обследований, собранных в отчеты за большой период времени, разными коллективами. И даже при самых строгих стандартизированных методах определения, данные проходят через субъективные и объективные фильтры, это необходимо учитывать (Heuvelink, Brown; 2006, Мамонтов, 2020; Wadoux, 2021; Болдырева и др. 2022d).

3 принцип. Возможность проверки и подтверждения данных

Данные гранулометрического состава могут быть внесены в двух видах: в виде морфологического описания – название преобладающего текстурного класса или классов, почвенной разновидности, а может быть в виде количественного содержания почвенных фракций и количества физической глины. Первые и вторые должны подкреплять друг друга. Ошибочные данные могут впоследствии привести к ошибкам и неправильной их интерпретации. (Болдырева и др. 2022d)

4 принцип. Полнота данных

Использование данных гранулометрического состава для диагностики в РПДЦ невозможно без полноты сопутствующей информации, без пространственной идентификации данных, как например, координатной привязке, указания года обследования и принадлежности к тому или иному почвенному району. Важно понимать, как можно исправить неполноту данных, а какие записи подлежат удалению из объема данных для аналитической работы, так как беспорядок в данных не позволит провести качественное диагностирование и получить достоверные результаты для экспертных задач, даже при использовании самых сложных интеллектуальных систем. Поэтому так же важно решать проблемы с несколькими источниками сбора данных наблюдений. Опасения при использовании данных наблюдений из разных источников оправданы, поскольку важно качество и количество сопутствующих данных. Обычно это указание глубины отбора образца или/и почвенного горизонта, а также контекстные данные – место отбора, описание метода лабораторного анализа. Эти данные помогают оценить информацию, а также сделать первичную интерпретацию, и учесть возможную предвзятость, которая могло произойти во время сбора или накопления данных и может сыграть решающую роль при анализе проблем и путей их решения (Келлинг и др., 2009 Heuvelink, Brown, 2006).

5 принцип. Систематизация и обобщение

Этот принцип, как заключительный в системе, позволяет получать информацию более высокого порядка, качественно новую на основе вторичного и последующих анализов первичных материалов, тех, что накоплены на базе РПДЦ.

И такие работы ведутся для оценки эрозионной опасности (Безуглова и др., 2021a), исследование происхождения гипсоносных горизонтов черноземов обыкновенных (Bezuglova, 2021b), совместно с данными дистанционного зондирования земли – изучение состояния растительного покрова (Безуглова и др., 2021c), изучение проблем деградации почв (Шоба и др., 2012), изучение состояния гумуса пахотных земель (Чернова и др., 2020; Болдырева и др. 2022d).

Подобные принципы и рекомендации по работе с массивами данных предоставляют возможность составить полную картину о способе их получения, а также связанных с ним пробелов и подготавливают сведения о свойствах почвы, в нашем случае данные о гранулометрическом составе, для использования их в целях диагностики физических свойств. Так, некоторые почвенные базы данных, такие как База данных почв Африки (Leenaars, 2013) и Международная база содержания углерода в почве (ISCN; Harden et al., 2018), имеют строгие процедуры контроля качества и политики о происхождении и обмене данными. Также этот этап работы призван сократить возможные разногласия и недопонимания, возникающие между теми, кто эти данные производит и теми, кто затем их интерпретирует и анализирует.

Именно поэтому важно начинать с инвентаризации данных о различных свойствах, отражающих разнообразие и сложность почвы. В почвоведении традиционно применяют обработку большого количества данных, будь то опыт или масштабное почвенное исследование, но в настоящее время результаты генерируются быстро, в очень больших объемах и из нескольких источников. С одной стороны, это огромные возможности, но с другой, это вызывает опасения по поводу их эффективного комбинирования и анализа. Это может позволить проводить исследования по поиску взаимосвязей и корреляций, создавать новые гипотезы и анализировать установленные (Болдырева и др. 2022d).

4.2. Инвентаризация материалов почвенного обследования Ростовской области

В настоящее время идет активное развитие цифровых и ГИС-технологий и специализированных баз данных в области сельского хозяйства, рационального использования земельных ресурсов и охраны почв (Шоба, и др., 2012; Зинченко и др., 2013; Литвинов, 2018).

Почвенные базы данных уже используется в ряде регионов России для задач мониторинга показателей почвенного плодородия, инженерно-экологических изысканий, почвенно-грунтовых и почвенно-мелиоративных обследований. (Шеуджен, 2019; Полуэктов, Петрова, 2021). Список показателей, собираемых в ходе почвенных и агрохимических обследований определяется Федеральным законодательством, в частности статьей 15 Федерального закона от 16.07.1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Результаты почвенного обследования представлены техническими отчетами, содержащими полевые описания почв (средние морфологические признаки и описания почвенных профилей) и данные физико-химических анализов почвенных образцов. Гранулометрический состав почв – один из важнейших показателей, используемых в оценке уровня почвенного плодородия, для кадастровой оценки земель, разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия, а также рекультивации почв земель сельскохозяйственного назначения (Полуэктов, 1995). В рамках представленного исследования был проведен сбор и оцифровка архивных и актуальных материалов почвенного обследования Северного Приазовья, выполненных в период с 1955 по настоящее время. Источниками информации являлись отчёты почвенного обследования ЮЖНИИГИПРОЗЕМ и результаты инженерно-экологических изысканий ФГБУ ГЦАС «Ростовский» (Официальный сайт ФГБУ ГЦАС «Ростовский»).

Накопленная кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ, за последние 10 лет, разнородная почвенная информация позволяет вести обмен данными с агрохимической службой РФ. Архивными материалами и актуальной информацией, участвовать в структурировании и оцифровке агрохимических

данных. К настоящему времени удалось собрать данные по более чем 600 хозяйствам РО, это материалы разномасштабных почвенных карт и очерков хозяйств по 43 административным районам РО (8 млн га). Векторизация начинается с инвентаризации архивной почвенной информации с формированием списка почвенно-картографических данных – масштаб, год создания топографической основы, год почвенного обследования, год составления почвенного очерка и его комплектация, а структурирование этой информации – важный фактор, влияющий на эффективность использование архивных материалов для создания на их основе цифровых картографических материалов (Литвинов, 2018; Болдырева и др., 2021b).

4.2.1. Инвентаризация и верификация почвенно-картографического материала

По данным Ю.А. Литвинова (2018) согласно схеме хозяйств РО 1963 года к концу 80-х годов на территории РО сохранилось порядка 850 хозяйств различного назначения. В почвенном РПДЦ кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ более 600 крупномасштабных почвенных карт и сопутствующих данных по материалам очерков и отчетов (1954–1994 гг.), из которых отобраны по всей территории РО данные по 1827 почвенным разрезам, где представлен гранулометрический состав. Из анализа сводной инвентаризационной таблицы 8 видно, что 15 почвенных разрезов не имеют информации по типу почвы.

Таблица 8 – Полнота информации (количество разрезов) по типам почв РО в БД РПДЦ (Болдырева и др., 2022b)

Тип почвы по данным Регионального почвенного реестра	Количество, шт.
1	2
Черноземы	1029
Каштановые почвы	241
Солонцы автоморфные	180
Лугово-каштановые почвы	145
Лугово-черноземные почвы	66
Луговые почвы	44
Аллювиальные луговые насыщенные почвы	20
Черноземы неполноразвитые	19
Почвы балок	12

1	2
не определено	12
Солонцы гидроморфные	7
Дерново-намытые почвы	7
Пески	6
Лугово-болотные почвы	6
Обнажения плотных пород	5
Солончако-солонцы	4
Солонцы полугидроморфные	4
Песчаные почвы	4
Солончаки гидроморфные	3
Аллювиальные почвы	3
<Null>	3
Обнажения рыхлых пород	2
Солончаки автоморфные	1
Болотные почвы	1
Аллювиальные луговые карбонатные почвы	1
Аллювиальные лугово-болотные почвы	1
Аллювиально-делювиальные почвы	1

Первыми по количеству данных в РПДЦ являются черноземы – 1029 разрезов представлены обыкновенными и южными подтипами в соотношении 53,64% и 46,36% соответственно. На втором месте по представленности находится тип каштановых почв – 241 разрез, на третьем – солонцы автоморфные.

Основываясь на полученных данных по инвентаризации и была выполнена векторизация, на рисунках 15 и 16 отражены уровень векторизации разномасштабных почвенных карт территории РО, и степень представленности разрезами с данными гранулометрического состава по РО.

В настоящий момент, векторизованы, в том числе силами сотрудников кафедры почвоведения, все данные почвенно-картографических материалов РО. Это более 600 хозяйств, вся информация, что имелась в архивах.

В результате инвентаризации данных РПДЦ на базе кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ установлено, что 73 % территории РО содержат разнородные почвенно-географические данные (рис. 15 и 16).

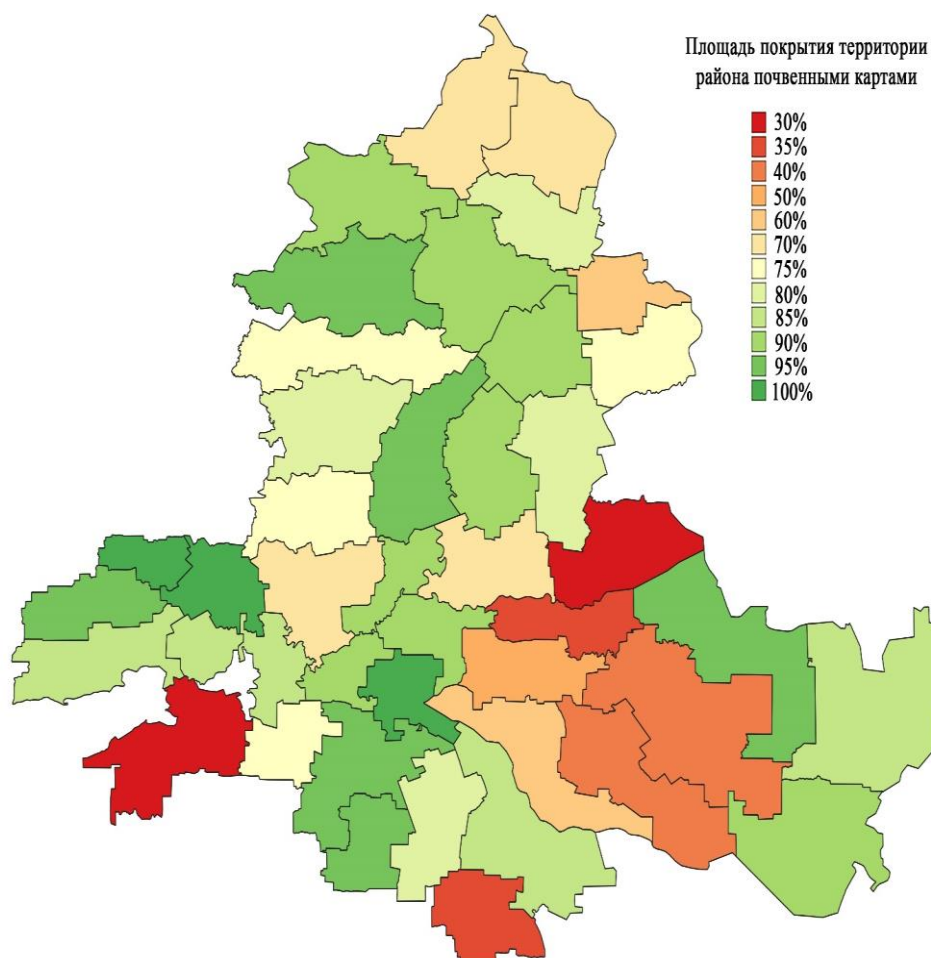


Рисунок 15 – Уровень векторизации почвенных карт территории РО (по данным РПДЦ)

Нами были оцифрованы, внесены в базу все имеющиеся архивные данные о почвенных разрезах РО, затем объединены с картографической информацией, выгружены в виде таблицы Excel и далее исследованы результаты определения гранулометрического состава черноземов РО. Итогом проделанной работы стал список разрезов со всеми данными, имеющимися в базе, включая районирование (рисунок 3) и результаты гранулометрического состава, которые представлены в виде процентного соотношения (%) ЭПЧ песка (1–0,25; 0,25–0,05), пыли (0,05–0,01; 0,01–0,005; 0,005–0,001) и ила <0,001, а также содержания физической глины <0,01 мм. Подавляющее большинство данных гранулометрического состава РО получено методом пипетки с пирофосфатной подготовкой. А разделение на разновидности

почвы или текстурные классы проведено на основе количества физической глины согласно классификации Н. А. Качинского (1965). (Болдырева и др. 2022с)

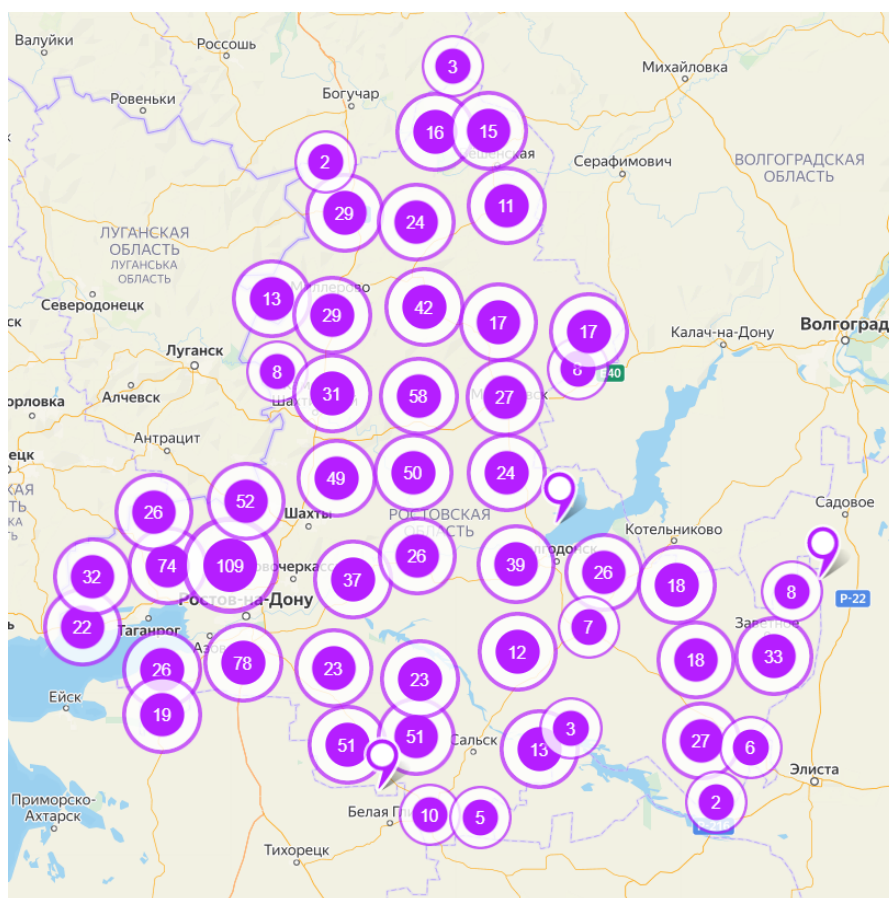


Рисунок 16 – Степень представленности разрезами с данными гранулометрического состава (по данным РПДЦ)

Перед началом работы нами была проведена «очистка» данных (Wadouh, 2021). Этот этап работы совершенно необходим, поскольку, как мы описывали ранее, количество и качество данных могут иметь методологические последствия, которые трудно предсказать в зависимости от того в каких расчетах данные будут использоваться.

После первоначального сбора данных были предприняты шаги по предварительной обработке для удаления таких записей, как отсутствующие или явно ошибочные данные о местоположении, явно ложные записи данных гранулометрического состава, повторные наблюдения, такие как, например, задваивающиеся данные гранулометрического состава для комплексных почвенных контуров.

1. Первичная проверка. Для внесенных данных рассчитывалась сумма фракций. Отличные от 100 % значения подвергались исправлению за счет изменения значения фракции мелкого песка. Исправления возможны в случае, если отклонения не превышают погрешность анализа гранулометрического состава почв. Для внесенных почвенных данных выполнялось пространственное пересечение с цифровой крупномасштабной почвенной картой РО с целью выявления расхождений в наименованиях почв. В случае выявления расхождений выполнялась корректировка классификационных наименований почвенных профилей. (Безуглова и др., 2022а)

2. Вторичная проверка включает в себя контроль значений в пределах гранулометрических фракций. Большинство почв сформировано на лессовидных суглинках, что позволяет сделать вывод о прямой взаимосвязи гранулометрического состава почвообразующей породы и содержания крупнопылевой фракции в почвенных горизонтах. Для черноземов обыкновенных, сформированных на лессовидных отложениях, характерно преобладание «лессовой» фракции. Весь массив данных был разделен на почвенные районы согласно имеющейся в базе данных карты районирования РО (рис. 3, по Гаврилюк, 1951, Крыщенко, 2008). Анализ полноты информации представлен в табл.9. В региональной базе данных наиболее широко представлены следующие почвенные районы 5, 2 и 6 – соответственно 230, 168 и 165 разрезов. При этом большинство черноземов обыкновенных сосредоточено в 5 районе – 203 разреза, а черноземов южных во 2 районе – 165 разрезов. Про соотношение данных о гранулометрическом составе черноземов почвенных районов РО можно сказать, что районы 1,2,3,4 более чем на 70 % представлены черноземами южными, почвенный район 5 представлен почти на 90% черноземами обыкновенными, этот же подтип чернозема на 100% занимает почвенные районы 6 и 7. В свою очередь черноземами южными на 100% представлены 8, 9 и 10 почвенные районы. Большей частью черноземами обыкновенными представлен и 11 район. (Безуглова и др., 2022а)

Таблица 9 – Распределение разрезов с полным количественным описанием гранулометрического состава черноземов обыкновенных (обычных и карбонатных) по почвенным районам и подрайонам РО

Подрайон	Общее количество разрезов, шт.		Распределение разрезов по подтипам, шт.		Соотношение в %	
	До проверки	После проверки	Чок	Чю	Чок	Чю
1. Среднедонской район						
1,1	19	19	5	14	26,3	73,7
1,2	43	36	5	31	13,9	86,1
2. Доно-Донецкий район						
2,1	55	49	1*	48	2,0	98,0
2,2	58	46		46	0,0	100,0
2,3	87	73	2	71	2,7	97,3
3. Доно-Чирский район						
3,1	31	25	1*	24	4,0	96,0
3,2	43	32		32	0,0	100,0
3,3	6	5		5	0,0	100,0
4. Донецкий район						
4,1	40	31	5	26	16,1	83,9
4,2	80	64	20	44	31,2	68,8
5. Северо-Приазовский район						
5,1	59	53	53		100,0	0,0
5,2	228	166	140	26*	84,3	15,7
5,3	13	11	10	1	90,9	9,1
6. Азово-Кубанский район						
6,1	42	32	31	1*	96,9	3,1
6,2	112	93	93		100,0	0,0
6,3	59	55	55		100,0	0,0
6,4	22	17	17		100,0	0,0
7. Донской террасовый район						
7,1	2	2	2		100,0	0,0
7,2	8	6	6		100,0	0,0
8. Левочирский район						
8,1	5	5		5	0,0	100,0
9. Район Доно-Сальского междуречья						
9,1	3	3		3*	0,0	100,0
10. Район северного Сало-Манычского склона						
10,1	10	10		10	0,0	100,0
11. Район южного Сало-Манычского склона						
11,1	4	4	3	1	75,0	25,0
Всего	1029	837	449	388	53,6	46,4

*в указанных почвенных районах отмеченный тип почвы не представлен согласно источнику (Крыщенко, Самохин, 2008).

Для черноземов обыкновенных среди всех рассматриваемых почвенных районов и подрайонов наиболее полно данные по ГМС представлены в 5 Северо-Приазовском районе – 203 разреза, особенно много разрезов было заложено в Тузловском подрайоне 5.2. – 140. На втором месте Азово-Кубанский район 6–165 разрезов, из них 93 разреза заложено в Центральном подрайоне 6.2.

Для черноземов южных среди всех рассматриваемых почвенных районов и подрайонов наиболее полно данные ГМС представлены в Доно-Донецком районе 2–165 разрезов, из них 71 разрез заложено в Глубокинском подрайоне 2.3. На втором месте Донецкий почвенный район 4, где было заложено 70 разрезов, причем из них 44 разреза сосредоточены в подрайоне Донецкого кряжа 4.2. На третьем месте по полноте информации в БД находится Нижне-Донской почвенный район 3, в котором 61 разрез, а в нем Быстринский подрайон 3.2, для которого есть информация по 32 разрезам.

Необходимо отметить, что есть почвенные подрайоны, которые представлены только одним подтипом чернозема. Так подрайоны 5.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.1, 7.2, 8.1 представлены только черноземами обыкновенными, а подрайоны 2.2, 3.2, 3.3, 8.1, 9.1, 10.1 – только черноземами южными.

Анализ приуроченности подтипов черноземов к почвенным районам показал, что в БД в почвенных районах 2, 3 и 11 обнаружены разрезы, описанные как черноземы обыкновенные карбонатные, хотя согласно почвенной карте и описанию в литературных источниках в этих районах распространены черноземы южные. А также в 5, 6 и 9 почвенных районах, почвенный покров которых преимущественно представлен черноземами обыкновенными, присутствуют разрезы черноземов южных.

Всего в базе данных на 1029 записей разрезов черноземов приходится 16 строк с данными разрезов, которые не имеют координатной привязки ни к одному из представленных районов, не определены как принадлежащие району, и 33 записи с неполноразвитыми черноземами и с неопределенным подтипом.

4.2.2. Анализ данных гранулометрического состава черноземов обыкновенных

4.2.2.1. Анализ данных гранулометрического состава верхних горизонтов черноземов обыкновенных

После описанной выше проверки данных по черноземам обыкновенным 43 записи были удалены на основании содержания в них суммы всех фракций в количестве 38–98% или 102–113%, как не подлежащие исправлению. Для внесенных почвенных данных выполнялось пространственное пересечение с цифровой крупномасштабной почвенной картой РО с целью выявления расхождений в наименованиях почв. В случае выявления расхождений выполнялась корректировка классификационных наименований почвенных профилей. Всего по всей территории РО имеются количественные данные гранулометрического состава из 584 почвенных разрезов на черноземах обыкновенных, после проведенной предварительной проверки осталось 449 разрезов. Данные по морфологическому описанию разновидностей черноземов обыкновенных карбонатных представлены в таблице 10 (Болдырева и др., 2022b).

Таблица 10 – Гранулометрические разновидности черноземов обыкновенных РО по данным РПДЦ, пример верификации данных

Наименование ГМС в БД до верификации	Количество, шт.		Наименование ГМС в БД после верификации
	до	после	
1	2	3	4
не определено	16	16	нет данных
легкосуглинистый	7	7	легкосуглинистый
среднесуглинистый	4	4	среднесуглинистый
среднесуглинистый, местами тяжелосуглинистый	1	2	Среднесуглинистый и тяжелосуглинистый
тяжело- и среднесуглинистый	1		
тяжелосуглинистые	1	50	тяжелосуглинистый
тяжелосуглинистый	49		
тяжелосуглинистый и глинистый	1		
глинистый и тяжелосуглинистый	61	69	тяжелосуглинистый и глинистый

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
глинистый, реже тяжелосуглинистый	5		
глинистый и тяжелосуглинистый	1		
глинистый, местами тяжелосуглинистый	1		
Легкоглинистый (без пробела в конце)	108	112	Легкоглинистый
легкоглинистый (с пробелом в конце)	4		
глинистый	186	186	глинистый
среднеглинистый	1	1	среднеглинистый

Анализ представленной таблицы показывает, что присутствуют разные написания одной и той же фракции, либо опечатки, неточности, лишние пробелы, программа все это воспринимает как разные кластеры, в то время как, по сути, это одна и та же по гранулометрическому составу почва.

Разновидности верхних горизонтов черноземов обыкновенных, по которым имеются количественные данные в Почвенной базе данных представлены следующими классами (табл.11).

Таблица 11 – Распределение данных о ГМС в черноземах обыкновенных согласно содержанию физической глины

Разновидность	Содержание физ. глины, %	Количество разрезов
Средний суглинок	30–45	7
Переходный*	45	1
Тяжелый суглинок	45–60	103
Переходный	60	19
Легкая глина	60–75	304
Переходный	75	5
Средняя глина	75–85	10
Общее количество		449

*переходный – по содержанию физической глины можно отнести к двум разновидностям (согласно классификации Н. А. Качинского для степного типа почвообразования).

Также нами было проанализировано морфологическое описание почвенных разновидностей в сравнении с количественным распределением ЭПЧ в них, результаты представлены в таблице 12. Они свидетельствуют о частичных несоответствиях между содержанием физической глины и наименованием разновидности

Таблица 12 – Соответствие данных морфологического и количественного описания гранулометрического состава верхних горизонтов черноземов обыкновенного РО (Болдырева и др. 2022d)

Гранулометрический состав по БД (морфологическое описание)	Класс, в который входят образцы по значению ФГ %	Количество разрез	Соответствие определения по морфологическому описанию ГС аналитическим данным	Среднее значение физ. глины, %
1	2	3	4	5
глинистый	45–60	21	нет	55,4
глинистый	60	8	да	60
глинистый	60–75	146	да	66,7
глинистый	75	4	да	75
глинистый	75–80	7	да	77,1
глинистый и тяжелосуглинистый	64	1	да	64
глинистый и тяжелосуглинистый	32	1	нет	32
глинистый и тяжелосуглинистый	45	1	нет	45
глинистый и тяжелосуглинистый	45–60	19	нет	53,9
глинистый и тяжелосуглинистый	60	5	да	60
глинистый и тяжелосуглинистый	60–75	35	да	64,8
глинистый, реже тяжелосуглинистый	45–60	2	нет	53
глинистый, реже тяжелосуглинистый	60–75	3	да	70,0
легкоглинистый	42	2	нет	43
легкоглинистый	46–60	19	нет	53,1
легкоглинистый	60	2	да	60
легкоглинистый	60–75	89	да	66,0
легкоглинистый	76	1	да	76
легкосуглинистый	60–75	7	да	63,7
не определено	45–60	5	нет	51,6
не определено	60	1	нет	60

1	2	3	4	5
не определено	60–75	8	нет	67,5
не определено	75	1	нет	75
не определено	76	1	нет	76
среднеглинистый	76	1	да	76
среднесуглинистый	30–45	3	да	35,7
среднесуглинистый	45–60	1	нет	48
среднесуглинистый, местами тяжелосуглинистый	45–60	1	да	48
тяжело- и среднесуглинистый	45–60	1	да	51
тяжелосуглинистые	45–60	1	да	57
тяжелосуглинистый	30–45	1	нет	43
тяжелосуглинистый	45–60	33	да	54,9
тяжелосуглинистый	60	3	да	60
тяжелосуглинистый	60–75	12	нет	64,6
тяжелосуглинистый и глинистый	45–60	1	да	57

4.2.2.2. Анализ данных гранулометрического состава нижних горизонтов черноземов обыкновенных

Материнская порода является важнейшим фактором почвообразования и гранулометрический состав наследуется главным образом от материнской породы, поэтому в нашей работе мы уделили отдельное внимание горизонту С и провели инвентаризацию и анализ данных РПДЦ.

Всего в базе данных по черноземам обыкновенным после проверки и «очистки» данных осталось 454 записи разрезов с горизонтами С.

Анализ данных гранулометрического состава по горизонту С черноземов обыкновенных также показал разночтения между морфологическим описанием и количественным содержанием физической глины (табл. 13). Анализ представленной таблицы показывает, что 15% записей не имеют морфологического описания гранулометрического состава горизонта С.

Таблица 13 – Гранулометрические разновидности горизонта С черноземов обыкновенных РО по данным РПДЦ, по морфологическому описанию

Разновидности	Количество разрезов, шт.	Разновидность	Количество	
			шт.	%
1	2	3	4	5
<Null>, нет данных в базе	53	Не имеют данных морфологического описания	70	15
легкосуглинистый	9	Суглинки	51	11
среднесуглинистый	2			
тяжелосуглинистый	40			
глинистый, суглинистый	3	Глины	333	74
глинистый, тяжелосуглинистый	49			
глинистый	154			
легкоглинистый	123			
среднеглинистый	4			
Всего	454		454	100

Далее представлены разновидности горизонта С черноземов обыкновенных, по которым имеется количественное описание в РПДЦ (табл.14). С учетом переходных значений физической глины более 70% всех разрезов относятся к глинистой разновидности по данным горизонта С.

Таблица 14 – Распределение данных о ГМС в черноземах обыкновенных РО, согласно содержанию физической глины

Разновидность	Количество ф.г. в %	Количество разрезов
Тяжелый суглинок	45-60	84
Переходный	60	29
Легкая глина	60-75	320
Переходный	75	4
Средняя глина	75-85	17
Общее количество		454

*переходный – можно отнести к двум разновидностям согласно классификации Н. А. Качинского по содержанию физической глины для степного типа почвообразования.

Также были проанализировано морфологическое описание почвенных разновидностей в сравнении с количественным распределением ЭПЧ в них по результатам аналитического определения. Результаты, представленные в таблице 15, также выявили частичные несоответствия для горизонтов С черноземов

обыкновенных карбонатных РО между фактическим содержанием физической глины и наименованием разновидности по морфологическому описанию. В 301 записи по горизонту С в той или иной степени совпадают содержание физической глины с полевым описанием разновидности почвы, включая переходные значения ФГ, а также двойное обозначение разновидности. 153 записи имеют не совпадающее с морфологическим описанием содержание физической глины, 70 из которых вообще не имеют морфологического описания.

Таблица 15 – Соответствие данных морфологического и количественного описания гранулометрического состава чернозема обыкновенного РО (горизонт С) (Болдырева и др. 2022d)

Гранулометрический состав по БД (морфологическое описание)	Класс, в который входят образцы по значению ФГ, %	Количество разрезов, шт	Соответствие определения по морфологическому описанию ГС аналитическим данным	Среднее значение физ. глины, %
1	2	3	4	5
не определено	45-60	10	нет	55,5
не определено	60	2	нет	60,0
не определено	60-75	41	нет	66,8
глинистый	45-60	21	нет	54,7
глинистый	60	4	да	60,0
глинистый	60-75	117	да	61,1
глинистый	75	3	да	75,0
глинистый	75-85	9	да	77,2
глинистый, суглинистый	60-75	3	да	64,0
глинистый, тяжелосуглинистый	45-60	10	да	54,4
глинистый, тяжелосуглинистый	60	11	да	60,0
глинистый, тяжелосуглинистый	60-75	28	да	65,4
легкоглинистый	45-60	21	нет	56,2
легкоглинистый	60	6	да	60,0
легкоглинистый	60-75	89	да	67,2
легкоглинистый	75-85	7	нет	78,0
легкосуглинистый	45-60	1	нет	53,0
легкосуглинистый	60-75	8	нет	66,4
не определено	45-60	3	нет	52,0
не определено	60	1	нет	60,0
не определено	60-75	11	нет	66,1
не определено	75	1	нет	75,0

1	2	3	4	5
не определено	75-85	1	нет	77,0
среднеглинистый	60-75	4	нет	71,5
среднесуглинистый	45-60	1	нет	46,0
среднесуглинистый	60	1	нет	60,0
тяжелосуглинистый	45-60	17	да	55,7
тяжелосуглинистый	60	4	да	60,0
тяжелосуглинистый	60-75	19	нет	62,9

Анализ литературных данных показывает, что большинство почв на территории Северо-Приазовского района сформированы на лессовидных суглинках, к этим породам приурочены черноземы обыкновенные карбонатные, в которых среднестатистическое содержание «лессовой» фракции (0,01–0,05 мм) в горизонтах А и С лежит в пределах 30,1–31,7% (Безуглова, Хырхырова, 2008), что позволяет сделать вывод о прямой взаимосвязи гранулометрического состава почвообразующей породы и содержания крупнопылевой фракции в почвенных горизонтах.

Существует несколько теорий происхождения лёссов (Берг, 1922; Сергеев, 1976, Ильин, 1978), основным диагностическим признаком которых является просадочность. Но главная характерная особенность лёссов – это высокое содержание фракции крупной пыли – более 50%, которая является диагностической для лёссовых пород и в инженерной геологии характеризуется размером частиц 0,05–0,005 мм (ГОСТ 25100-82). Позднее было предложено делить лессовые породы на лёссы, содержащие более 50% крупнопылеватых частиц (0,01–0,05 мм), и лёссовидные грунты, содержащие от 30 до 50% этих частиц (Лессовые породы СССР, 1986).

В процессе инвентаризации данных о гранулометрическом составе, установлено, что для Северо-Приазовского района (Гаврилюк, 1960) в базе данных РПДЦ для них представлены данные по 311 разрезам.

По результатам инвентаризации установлено, что почвенные разрезы Северо-Приазовского района представляют 13 типов почв (табл. 16). Большая часть разрезов представлена черноземами обыкновенными карбонатными (242), а также

3 разреза из всего массива данных по району не имеют информации о типе почв. (Болдырева и др., 2022b)

Гранулометрический состав определен полевым и пипет-методом. Первичная проверка (верификация) – по сумме всех фракций: в 179 разрезах – 100 %, в 50 разрезах – 99 %, в 97 разрезах – 101%. 24 разреза имеют информацию о гранулометрическом составе, не поддающуюся правкам, поскольку отличия от 100% суммы фракций свыше погрешности анализа. После исправления и удаления явно ложных записей данных гранулометрического состава, а также повторяющихся наблюдений в работе осталось 195 разрезов.

Таблица 16 – Полнота информации (количество разрезов) по типам почв Северо-Приазовского района (Болдырева и др., 2022b)

Тип почвы	Количество разрезов, шт
Черноземы	242
Дерново-намытые почвы	5
Лугово-черноземные почвы	14
Аллювиальные луговые насыщенные почвы	6
не определено	3
Луговые почвы	7
Солончако-солонцы	1
Черноземы неполноразвитые	19
Почвы балок	6
Обнажения рыхлых пород	1
Солонцы гидроморфные	1
Солончаки гидроморфные	1
Лугово-болотные почвы	2
Обнажения плотных пород	3

На втором этапе нами выполнялась проверка по генезису почв рассматриваемого почвенного района – проведена инвентаризация по почвообразующим породам. Установлено, что 9 разрезов не имеют данных по почвообразующей породе, а 26 – сформированы на нетипичных для чернозема обыкновенного карбонатного материнских породах (табл. 17). Материнские породы Северного Приазовья представлены преимущественно четвертичными отложениями, преобладающими почвообразующими породами являются лессовидные суглинки и глины, а желто-бурые и красно-бурые скифские глины

встречаются преимущественно в северной части. Выходы коренных пород сравнительно редки (Захаров, 1940; Безуглова, Хырхырова, 2008; Болдырева и др., 2022b).

Верификация данных таблицы 17 позволила систематизировать наименования почвообразующих пород и свести их к нескольким основным группам (таблица 18).

Таблица 17 – Результаты инвентаризации почвообразующих пород черноземов обыкновенных Северо-Приазовского района, (Болдырева и др., 2022b)

Почвообразующие породы	Количество разрезов, шт.
Лессовидные глины	63
Лессовидные легкие глины	30
Переотложенные лессовидные легкие глины	3
Лессовидные тяжелые суглинки	7
Лессовидные суглинки	11
Лессовидные глины и суглинки	5
Лессовидные легкие глины и тяжелые суглинки	1
Древнеаллювиальные глинистые и суглинистые отложения лессовидного характера	1
Желто-бурые глины	12
Желто-бурые легкие глины	12
Желто-бурые структурные глины	9
Структурные желто-бурые средние глины	1
Желто-бурые средние глины	2
Желто-бурые скифские глины	3
Скифские (желто-бурые) глины	2
Желто-бурые тяжелые суглинки	1
Желто-бурые глины и суглинки	4
Желто-бурые суглинки	2
Желто-бурые легкие суглинки	2
Желто-бурые щебенчатые суглинки	3
Желто-бурые суглинки, частично элювий сланцев	1
Желто-бурые щебенчатые глины	1
Скифские глины	2
Структурные глины	2
Красно-бурые структурные глины	2
Делювиальные глины	1
Древнеаллювиальные отложения	2
Элювий глинистых сланцев	1
Сильно-щебенчатые глины	1
Не определено	9

Разнообразие лессовидных пород были объединены под названием «лессовидные глины и суглинки». Это решение обусловлено обнаруженной нами закономерностью: для классов суглинков и глин характерно смещение медианных значений к их границе – 60% (Болдырева и др., 2022b).

Таблица 18 – Результаты верификации списка почвообразующих пород черноземов обыкновенных Северо-Приазовского района (Болдырева и др., 2022b)

Почвообразующие породы	Количество разрезов, шт.
Лессовидные глины и суглинки	121
Желто-бурые глины и суглинки	49
Желто-бурые щебенчатые глины и суглинки	5
Красно-бурые скифские глины	6
Элювий твердых пород	2
Делювиальные глины	1
Древнеаллювиальные отложения	2

В почвоведении принято считать «лёссовой» фракцией частицы размером 0,01–0,05 мм (Садименко, 1966; Безуглова, Хырхырова, 2008). И содержание ее в среднем описывается 30–35%. Но работами И. А. Шамрая и С. Я. Орехова (1955, 1956), установлено, что по литологическому составу лессовидные суглинки РО относятся преимущественно к глинисто-алевритным. Алевритистый состав является структурным признаком для лёссовидных пород. Во всех исследованных пробах алевритистая фракция (0,05—0,005 мм) составляет обычно основную породообразующую часть лессовидных пород, в среднем в пределах около 50% (Шамрай и др., 1965). Что касается градаций по процентному содержанию, необходимо иметь данные о том каким методом проводится определение гранулометрического состава (табл. 19).

Таким образом, унаследованным характером гранулометрического состава от лессовидных материнских пород для черноземов обыкновенных карбонатных является не просто преобладание крупно-пылеватой фракции (0,05–0,01), а доминирование суммы фракций крупной и средней пыли – 0,05–0,01 и 0,01–0,005, соответственно, причем если это количество превышает 50%, что будет характеризовать гранулометрический состав как лёсс.

Далее мы проанализировали наш «очищенный» массив данных – 156 почвенных разрезов Северо-Приазовского района на этот диагностический показатель

Таблица 19 – Гранулометрический состав лессовидных пород РО, по разновременным исследованиям (Болдырева и др., 2022b)

Образец	Гранулометрический состав в %, размер фракций ЭПЧ в мм						Сумма фракций в %	
	1-0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01	0,05—0,005
Захаров, 1940 Метод анализа по Сабанину-Робинсону	0,1	7,8	32,6	39,5	8,5	11,5	59,5	72,1
Садименко, 1966 Метод пипетки с кислотно-щелочной подготовкой	нет	5,9	33,9	6,8	8,9	27,4	43,1	40,7
Безуглова, Хырхырова, 2008, Метод пипетки в модификации Долгова-Личмановой	0	4,0	30,8	10,1	16,9	38,2	65,2	40,9

При сравнительном анализе литературных данных содержания крупнопылевой фракции (0,01–0,05), которое в среднем равно 30–35%, с данными регионального почвенного-дана центра, установлено, что только 49% записей черноземов обыкновенных карбонатных не соответствует этому диагностическому признаку, и соответственно только у 51% имеется содержание крупнопылевой фракции 30–44%, со среднестатистическим содержанием $33\% \pm 2,8$.

При проведении сравнительно анализа по содержанию суммы фракций крупной и средней пыли (0,05–0,005 мм) согласно, глинисто-алевритной природе материнской породы, установлено, что 6% черноземов обыкновенных карбонатных имеют содержание «лессовой» фракции менее 30%, но также 4% содержат этой фракции более 50%. Таким образом 90% черноземов обыкновенных

карбонатных отвечают диагностическому признаку по содержанию «лёссовой» фракции (Болдырева и др., 2022b), если принять ее как сумму средне- и крупно-пылеватых частиц.

Важно отметить, что даже те образцы черноземов обыкновенных карбонатных, которые не удалось диагностировать по рассматриваемому признаку, не удаляются из базы, а должны быть сформированы в списки для проверки имеющихся в базе результатов. Путем формирования списка разрезов и проведения точечного (корректировочного) обследования, чтобы можно было выяснить причину несоответствия: были ли допущены ошибки на этапе отбора почвенных образцов, при проведении гранулометрического анализа, обработки данных, формирования отчета и оцифровки материалов, либо же данные действительно подтверждаются и имеется наличие лёсса на территории Северо-Приазовского района. (Болдырева и др., 2022b)

На основе данных регионального почвенного дата центра нами установлено, что для черноземов обыкновенных карбонатных Северо-Приазовского района характерно содержание крупно-пылевой фракции – $29 \pm 5\%$, а содержание «лёссовой» фракции, за которую мы предлагаем вслед за геологами считать частицы крупной и средней пыли 0,05–0,005 мм, как характерной, наследуемой от материнских пород – $39 \pm 6\%$ (Болдырева и др., 2022b).

4.2.2.3. Анализ данных гигроскопической влажности черноземов обыкновенных

Гигроскопичная влага почв — это вода, поглощенная почвой из парообразного состояния. Она находится в равновесии с парообразной влагой атмосферы и соответствует влажности почвы в воздушно-сухом состоянии. Таким образом для стандартизации аналитических данных важны условия высушивания почвы до такого состояния. Так, в зависимости от количества парообразной влаги в воздухе помещения для хранения образцов почвы, один и тот же образец, высушенный при различной относительной влажности воздуха, будет характеризоваться различным количеством гигроскопической воды. Неуточненная

гигроскопическая влага непосредственно влияет на результаты, особенно это отражается на почвах глинистого состава (Мамонтов, 2021).

Гигроскопическая влага имеет высокую прочность удержания, поскольку данная категория влаги удерживается почвой за счет сил адсорбции, образуя вокруг тончайшие пленки, что обуславливает её полную неподвижность (Ковда, Розанов, 1988). Мы рассматриваем этот показатель, поскольку он имеет важное значение при определении гранулометрического состава почв, и от качества определения этого показателя может зависеть определяемый гранулометрический состав почвы. То есть данный показатель напрямую связан с гранулометрическим составом почвы, и в силу своего физического происхождения между ними должна существовать корреляционная связь.

Так же как и в случае с содержанием ЭПЧ данные гигроскопической влаги (ГВ) прошли предварительную «очистку»: оказалось, что для верхних горизонтов не имеют данных о содержании гигроскопической влажности 69 записей, и 58 записей – для горизонты С. Далее в таблице 20 приведены данные по ГВ. Количество гигроскопической влаги зависит от почвы и от условий окружающей среды, но для черноземов обыкновенных характерно содержание 4–5% для верхних горизонтов и 4–3% для нижних (Безуглова, Хырхырова, 2008; Болоха, Морозов, 2020). Данные, приведенные в таблице 20, показывают, что разброс составляет 1–9%. Причин этому может быть большое количество: погодные условия и способ отбора, оборудование, хранение и условия высушивания, но главная – относительная влажность воздуха в помещении, в котором сушились образцы. То есть все те «фильтры», о которых мы говорили ранее. Исследователь вынужден работать с теми данными, что есть в базе (табл. 20). Тем не менее из сводной таблицы можно заметить тенденцию снижения содержания гигроскопической влаги с глубиной, что согласуется с литературными данными. Однако такой большой разброс значений по содержанию гигроскопической влаги в черноземах обыкновенных свидетельствуют, что такими показателями, несмотря на то что они были внесены в БД, надо пользоваться с большой осторожностью.

Таблица 20 – Данные содержания гигроскопической влажности в черноземах обыкновенных РО

Содержание в %	Количество образцов, шт.	
	Верхние горизонты	Нижние горизонты
1	0	2
2	1	10
3	7	52
4	68	144
5	131	113
6	113	52
7	50	19
8	9	3
9	1	1

4.3. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных Ростовской области

4.3.1. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных Ростовской области

4.3.1.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных Ростовской области

Далее был проанализирован пофракционный гранулометрический состав из разрезов без разделения на разновидности (общий) и по каждой разновидности почвы отдельно. Данные представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Гранулометрический состав черноземов обыкновенных РО по данным РПДЦ (среднеарифметические значения) (Болдырева и др. 2022с)

Разновидность	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
1	2	3	4	5	6	7	8
Общий	0,4	7,1	29,9	10,5	16,9	35,7	63,0
макс	19,0	53,0	45,0	21,0	34,0	52,0	81,0
мин	0,0	0,0	8,0	3,0	6,0	13,0	32,0
Средний суглинок	1,5	30,6	28,8	7,3	12,5	19,8	39,1
макс	19,0	29,0	44,0	18,0	26,0	45,0	60,0
мин	0,0	0,0	8,0	4,0	6,0	15,0	45,0
Тяжелый суглинок	1,3	10,9	32,4	9,7	16,4	29,0	55,0
макс	9,0	18,0	38,0	19,0	34,0	52,0	75,0
мин	0,0	0,0	11,0	4,0	7,0	20,0	60,0
Легкая глина	0,1	4,7	29,3	10,8	17,1	38,2	65,9

макс	9,0	18,0	38,0	19,0	34,0	52,0	75,0
мин	0,0	0,0	11,0	4,0	7,0	20,0	60,0
Средняя глина	0,0	2,9	20,9	10,6	19,2	46,3	76,2
макс	0,0	5,0	24,0	21,0	24,0	52,0	81,0
мин	0,0	1,0	16,0	5,0	14,0	41,0	75,0

Согласно данным и расчетам, гранулометрический состав черноземов обыкновенных РО (обычных и карбонатных) характеризуется почти полным отсутствием фракции песка крупнее 0,25 мм, количество этих частиц в среднем не превышает 0,5%. Мелкий песок крупностью 0,25—0,05 мм содержится также в незначительном количестве — обычно ниже 10%. Преобладающими являются две фракции: крупно-пылеватая фракция (0,05—0,01 мм), содержание которой в среднем около 30%, с максимумом 45% и минимумом 8%. Среднее содержание илистых частиц диаметром менее 0,001 мм составляет для черноземов обыкновенных 35%, размах колебаний находится в границах 52–13%. Среднее содержание физической глины по РО равно 63%, границы варьирования этого показателя лежат в пределах 81–32%. (Болдырева и др. 2022с)

Вычисление среднестатистического состава по разновидностям показало, что в целом для черноземов обыкновенных РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется: максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012). Для почв среднесуглинистых ситуация меняется: превалируют фракции мелкого песка и крупной пыли, что согласуется с литературными данными (рис. 17).

С утяжелением текстурного класса происходит некоторое уменьшение количества крупной пыли: с 28,75 до 20,93%, незначительное увеличение мелкой пыли — с 12,50 до 19,20% и заметное увеличение количества ила — с 19,75 до 46,27%. А средние значения содержания физической глины по разновидностям черноземов обыкновенных карбонатных составляют для средних суглинков — $39,13 \pm 5,25\%$, для тяжелых суглинков — $54,99 \pm 4,18\%$, для легких глин — $6,93 \pm 3,64\%$, для средних глин — $76,20 \pm 1,57\%$ (Болдырева и др. 2022с).

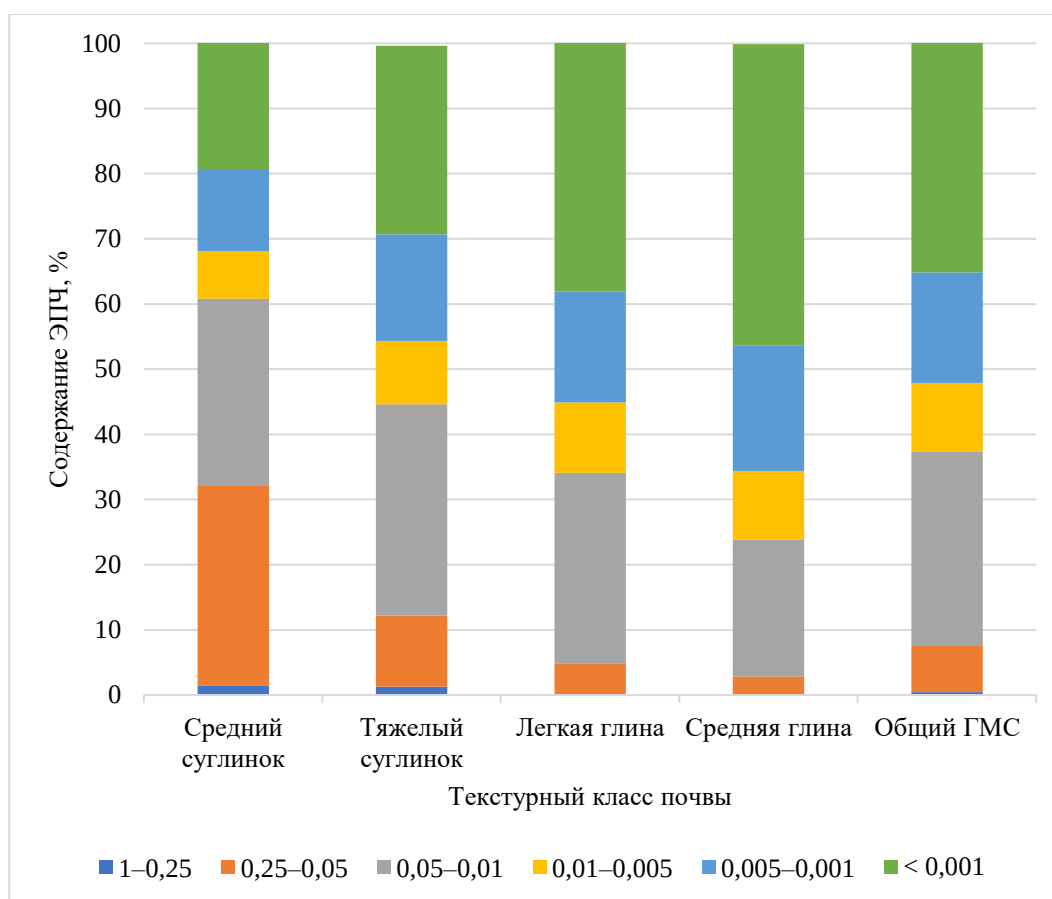


Рисунок 17 – Изменение количества фракций в разных текстурных классах верхних горизонтов черноземов обыкновенных в среднем для РО

4.3.1.2. Гранулометрический состав нижних горизонтов черноземов обыкновенных Ростовской области

Далее мы проанализировали гранулометрический состав горизонтов С по фракциям в целом для черноземов обыкновенных карбонатных (общий) и по каждой разновидности почвы отдельно. Данные, представленные в таблице 22, свидетельствуют, что гранулометрический состав материнской породы (горизонт С) черноземов обыкновенных РО характеризуется почти полным отсутствием фракции песка крупнее 0,25 мм, количество этих частиц в среднем не превышает 0,5%. Мелкий песок крупностью 0,25—0,05 мм содержится также в незначительном количестве — обычно ниже 10% (в среднем 5,80%). Преобладающими являются две фракции: ил и крупная пыль. Среднее содержание илистых частиц диаметром менее 0,001 мм составляет для горизонта С черноземов обыкновенных 37%, размах колебаний находится в границах 57–17 %. Количество

крупно-пылеватой фракции (0,05—0,01 мм) в среднем около 30%, с максимумом 48% и минимумом 5%. Среднее содержание физической глины по РО равно 64 %, границы варьирования этого показателя лежат в пределах 81–46%. (Болдырева и др. 2022с)

Вычисление среднестатистического состава по разновидностям показало, что в целом для черноземов обыкновенных РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется: максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила. И это согласуется с литературными данными (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012).

Таблица 22 – Средний гранулометрический состав черноземов обыкновенных РО по данным РПДЦ, % (Болдырева и др. 2022с)

Разновидность	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
общий	0,3	5,8	29,2	10,3	16,9	37,4	64,59
макс	22,0	39,0	48,0	23,0	33,0	57,0	81,0
мин	0,0	0,0	5,0	3,0	6,0	17,0	46,0
тяжелый суглинок	0,9	9,8	32,8	9,1	15,6	31,9	56,4
макс	22,0	39,0	48,0	14,0	27,0	41,0	60,0
мин	0,0	1,0	5,0	3,0	6,0	19,0	46,0
легкая глина	0,1	4,9	28,8	10,7	17,2	38,4	66,2
макс	8,0	31,0	39,0	23,0	33,0	57,0	75,0
мин	0,0	0,0	8,0	3,0	7,0	17,0	60,0
средняя глина	0,1	3,0	19,8	10,8	18,2	48,1	77,1
макс	1,0	12,0	24,0	15,0	26,0	56,0	81,0
мин	0,0	0,0	9,0	7,0	13,0	44,0	75,0

Важно отметить, что среднесуглинистая разновидность горизонта С черноземов обыкновенных карбонатных РО по данным РПДЦ не встречается. С утяжелением текстурного класса происходит следующее распределение частиц по фракциям – содержание песчаных и крупнопылеватой фракций уменьшается, количество средней пыли практически не изменяется, а фракции мелкой пыли и ила – увеличивается (рис. 18).

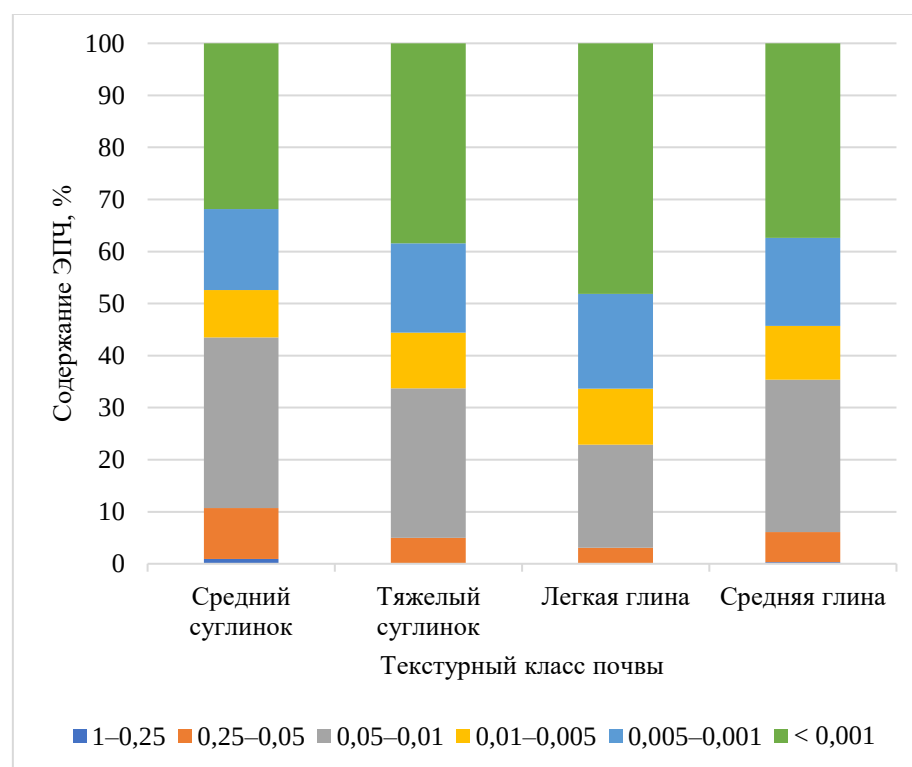


Рисунок 18 – Изменение количества гранулометрических фракций в разных текстурных классах черноземов обыкновенных РО (гор. С)

Средние значения содержания физической глины в горизонтах С по разновидностям составляют для тяжелых суглинков – $56,37 \pm 3,63\%$, для легких глин – $66,22 \pm 3,64\%$, для средних глин – $77,05 \pm 6,31\%$ (Болдырева и др. 2022с).

4.3.2. Гранулометрический состав по почвенным районам Ростовской области

4.3.2.1 Гранулометрический состав верхних горизонтов по почвенным районам Ростовской области

Весь массив данных по черноземам обыкновенным карбонатным был разделен на почвенные районы согласно имеющейся в базе данных карты районирования РО (рис. 3). Результаты определения среднестатистического гранулометрического состава по почвенным районам даны в таблице 23.

Вычисление среднестатистического гранулометрического состава показало, что в целом для черноземов обыкновенных карбонатных РО при разделении по почвенным районам соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется:

максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила.

Таблица 23 – Среднестатистический гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных карбонатных по данным РПДЦ, после разделения по почвенным районам, %

Почвенный района	Гранулометрические фракции, диаметр, мм						
	1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001	< 0,01
Среднедонецкий	0,7	7,9	26,0	10,5	18,7	36,2	65,5
Доно-Донецкий	2,3	8,0	26,7	11,0	15,0	37,0	63,0
Донецкий	1,3	9,7	27,1	10,2	18,0	33,7	61,8
Северо-Приазовский	0,6	6,9	28,3	10,1	16,7	37,4	64,1
Азово-Кубанский	0,1	6,4	31,6	10,8	17,0	34,1	61,8
Донской террасовый район	0,1	10,5	32,3	10,0	15,4	31,8	57,0
Район Южного Сало-Маньчского склона	0,0	3,0	37,0	10,0	21,0	29,0	59,5

На рисунке 19 наглядно видно, что тенденция распределения ЭПЧ сохраняется.

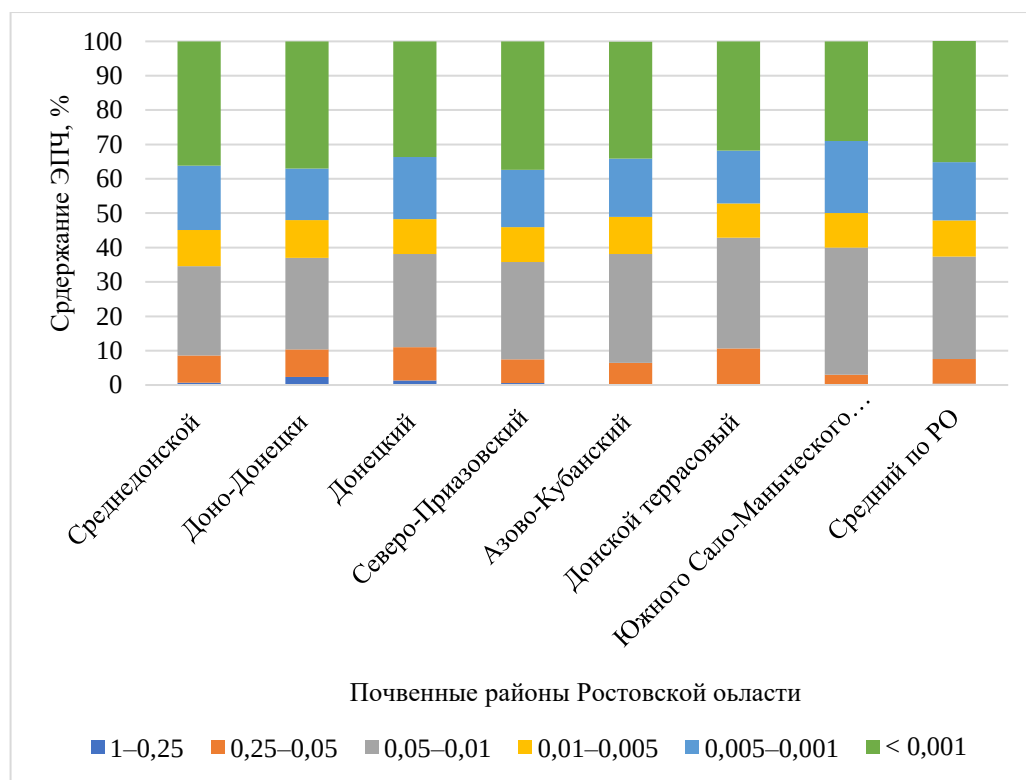


Рисунок 19 – Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных карбонатных РО по почвенным районам

Среднее значение физической глины (%) по почвенным районам составляет для Среднедонского района $65,50 \pm 4,97$, для Доно-Донецкого района – $63,00 \pm 7,65$, для Донецкого района – $61,76 \pm 7,10$, для Северо-Приазовского района – $64,31 \pm 6,62$, для Азово-Кубанского района – $62,04 \pm 7,48$, для Донского террасового района – $57,00 \pm 9,34$, для района южного Сало-Манычского склона $59,5 \pm 10$ (рис. 20).

Анализ результатов статистической обработки данных по содержанию физической глины в верхних горизонтах показал, что для показателей «содержание физической глины» в целом по РО и отдельно по почвенным районам области характерно смещение среднего арифметического относительно медианы, медиана больше среднего, что говорит об отрицательной асимметрии. Необходимо отметить, что чем больше выборка тем меньше это отклонение.

Мы видим, что каждый район отличается по максимальным и минимальным значениям, в то время как медианные значения находятся в одном диапазоне 63–65% (Болдырева и др., 2021а).

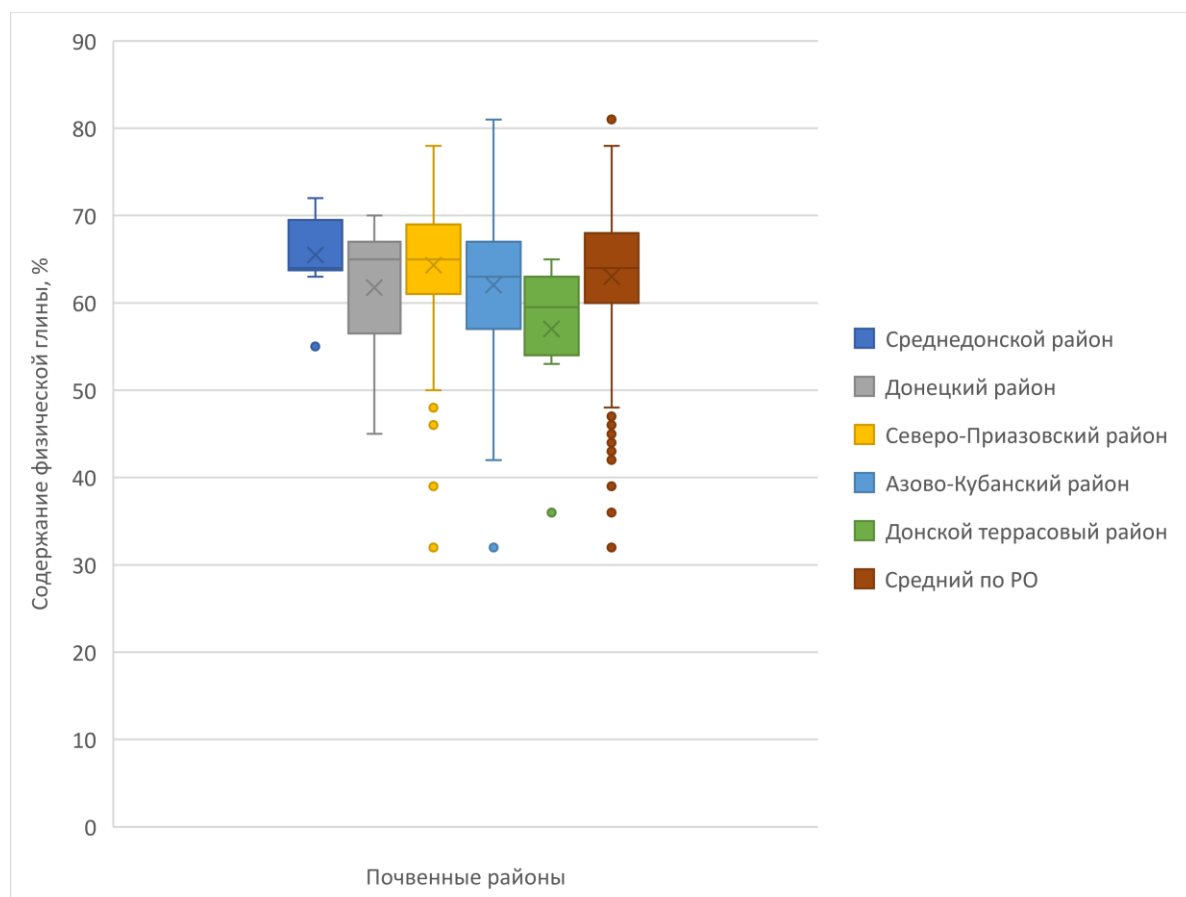


Рисунок 20 – Результаты статистической обработки данных по содержанию физической глины в почвах по почвенным районам РО

4.3.2.2. Гранулометрический состав нижних горизонтов по почвенным районам Ростовской области

Весь массив данных по горизонтам С черноземов обыкновенных так же был разделен на почвенные районы согласно имеющейся в базе данных карты районирования РО (рис. 3). Ниже представлены результаты среднего гранулометрического состава по почвенным районам (табл. 24).

Вычисление среднестатистического гранулометрического состава общего показало, что в целом для черноземов обыкновенных РО при разделении по почвенным районам соотношение фракций в гор. С внутри разновидностей так же сохраняется: максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила. Наглядно видно на рисунке 21, что тенденция распределения ЭПЧ сохраняется. (Болдырева и др. 2022с)

Таблица 24 – Среднестатистический гранулометрический состав (горизонт С) черноземов обыкновенных по данным РПДЦ, %

Почвенный район	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
Почвенный район	1,3	9,5	21,6	9,1	16,8	41,8	67,7
Среднедонской район	0,0	6,0	32,0	12,0	7,0	43,0	62,0
Донецкий район	0,5	6,2	27,6	10,4	16,6	38,7	65,7
Северо-Приазовский район	0,1	5,2	31,5	10,5	17,1	35,8	63,2
Азово-Кубанский район	0,0	6,1	33,4	9,5	18,2	32,8	60,2
Донской террасовый район	0,0	2,5	32,0	13,5	17,5	34,5	66,0
Общий ГМС	0,3	5,8	29,2	10,3	16,9	37,4	64,6

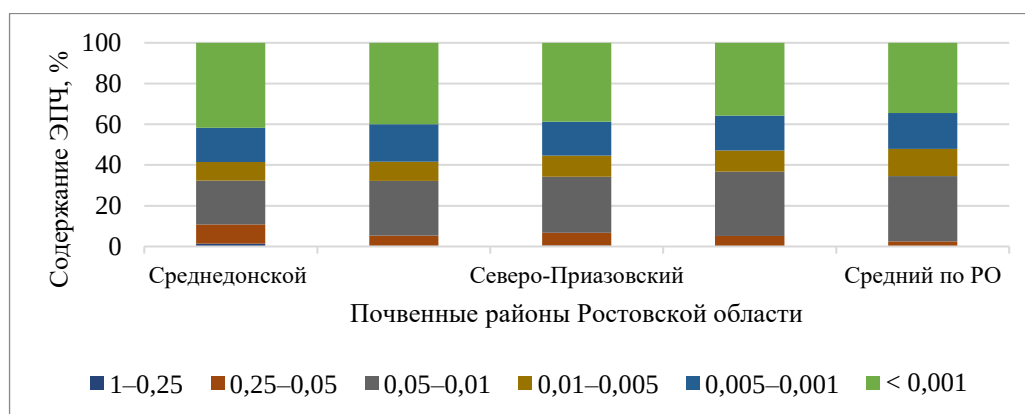


Рисунок 21 – Среднестатистический гранулометрический состав в горизонте С черноземов обыкновенных РО по почвенным районам

Средние значения содержания физической глины в горизонте С по почвенным районам составляет для Среднедонского района $67,67\% \pm 8,40$, для Донецкого района – $67,81 \pm 4,70\%$, для Северо-Приазовский района – $65,66 \pm 6,582\%$, для Азово-Кубанский район – $65,65 \pm 5,72\%$ (рис. 22).

Анализ результатов статистической обработки данных по содержанию физической глины в горизонте С показал, что в целом по РО и отдельно по почвенным районам области значения средней арифметической и медианы близки, хотя величина медианы и несколько больше средней арифметической, но можно сделать вывод о симметричности распределения. Почвенные районы различаются по максимальным и минимальным значениям, в то время как медианные значения находятся в одном диапазоне 67–65%, причем эти значения несколько выше, чем для верхних горизонтов – 63–65%.

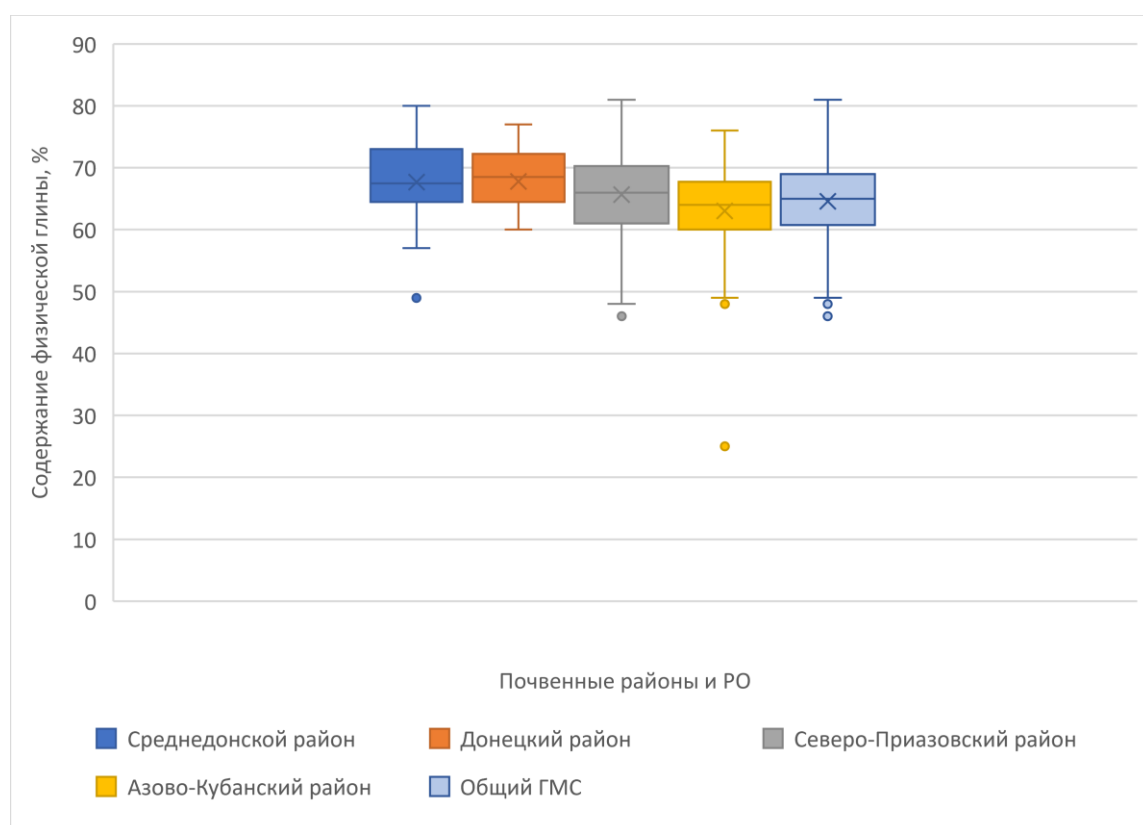


Рисунок 22 – Среднее содержание физической глины в горизонте С черноземов обыкновенных карбонатных по РО и почвенным районам

4.3.3. Северо-Приазовский район

Как отмечалось, наиболее полно в базе данных представлен Северо-Приазовский почвенный район (таблица 25, рис. 23, 24) – верхние горизонты, (таблица 26, рис. 25, 26) – нижние. Далее представлен анализ данных гранулометрического состава этого района по разновидностям: верхних и горизонтов С.

По местной классификации черноземы относятся к черноземам североприазовским. Классификации и диагностики почв 1977 относит почвы данного района по типовой и подтиповой (родовой) принадлежности к черноземам обыкновенным карбонатным, а по фациальной – к теплым кратковременно-промерзающим. Согласно классификации и диагностики почв (2004) черноземы исследуемой территории являются миграционно-сегрегационными, а по классификации WRB (2014) носят название Calcic Chernozem (Безуглова и др., 2020а).

4.3.3.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных карбонатных

Результаты вычисления среднестатистического состава по разновидностям приведены в табл. 25.

Таблица 25 – Среднестатистический гранулометрический состав верхних горизонтах черноземов обыкновенных карбонатных Северо-Приазовского района

Разновидность	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Общий ГМС	0,6	6,6	28,4	10,2	16,7	37,5	64,3
макс	19,0	53,0	44,0	19,0	34,0	52,0	78,0
мин	0,0	0,0	8,0	3,0	7,0	19,0	32,0
средний суглинок	3,0	46,5	15,0	4,5	10,0	21,0	35,5
макс	3,0	53,0	19,0	6,0	12,0	23,0	39,0
мин	3,0	40,0	11,0	3,0	8,0	19,0	32,0
тяжелый суглинок	2,3	11,2	30,2	9,3	15,6	31,4	56,4
макс	19,0	34,0	44,0	18,0	22,0	42,0	60,0
мин	0,0	0,0	8,0	4,0	7,0	20,0	46,0
легкая глина	0,2	5,2	28,5	10,5	16,8	38,9	66,0
макс	9,0	20,0	38,0	19,0	34,0	50,0	75,0
мин	0,0	0,0	11,0	4,0	7,0	20,0	60,0
средняя глина	0,0	2,9	21,4	9,7	19,3	46,7	75,8
макс	0,0	8,0	24,0	13,0	24,0	52,0	78,0
мин	0,0	1,0	16,0	5,0	15,0	41,0	75,0

Они показали, что в целом для черноземов обыкновенных Северо-Приазовского района РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется: максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила, что также согласуется и с литературными данными (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012).

Для почв среднесуглинистых ситуация меняется так же, как и в случае рассмотрения средних значений: превалирует фракция мелкого песка и ила, в то время как в среднем для области характерно преобладание фракций мелкой и крупной пыли. С утяжелением текстурного класса сохраняется общая тенденция распределения ЭПЧ по фракциям: происходит некоторое уменьшение количества крупной пыли, незначительное увеличение мелкой пыли и заметное увеличение количества ила (рис.23).

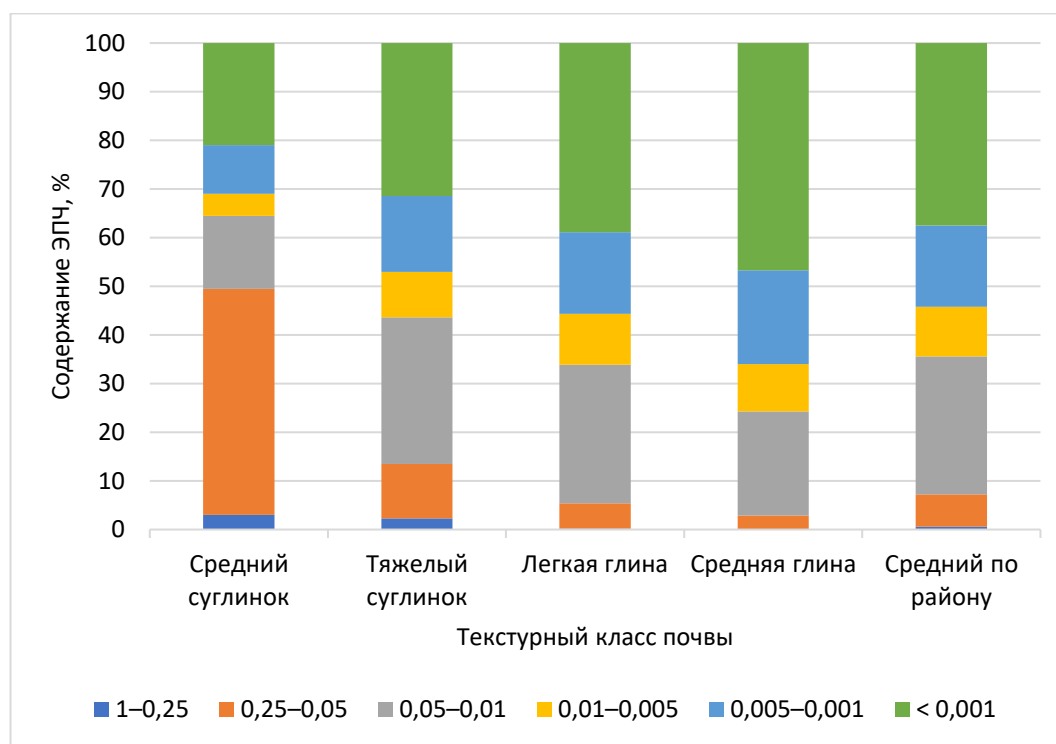


Рисунок 23 – Тенденция перераспределения ЭПЧ в зависимости от почвенной разновидности в черноземах обыкновенных карбонатных по Северо-Приазовскому району

Средние значения содержания физической глины по разновидностям составляет для средних суглинков – $35,50 \pm 4,95\%$, для тяжелых суглинков –

56,36±3,97%, для легких глин – 66,01±3,91%, для средних глин – 75,82±0,87%. (Болдырева и др. 2022с). Такое содержание физической глины по данным РПДЦ, согласуется с литературными сведениями. По данным «Почвы Ростовской области» (Безуглова, Хырхырова, 2008) – содержание физической глины в пахотном слое глинистых разновидностей на лессовидных глинах 64,0–65,0 %, в тяжелосуглинистых разновидностях – 56,9 % (в среднем). По данным «Почвы Юга России» (Вальков, Казеев, Колесникова, 2012) – содержание физической глины в верхних горизонтах тяжелосуглинистых разновидностей в среднем составляет 57,0–59,0 %. (Болдырева и др. 2022с)

На рисунке 24 представлено распределение разрезов по содержанию физической глины, более половины всех почвенных разрезов по Северо-Приазовскому району принадлежат к легкоглинистой разновидности, учитывая и переходные образцы, с содержанием физической глины, равным границам класса 60 и 75% соответственно. Эти данные вполне сходны с описанным выше общим распределением обыкновенных черноземов по РО (Болдырева и др., 2021а).

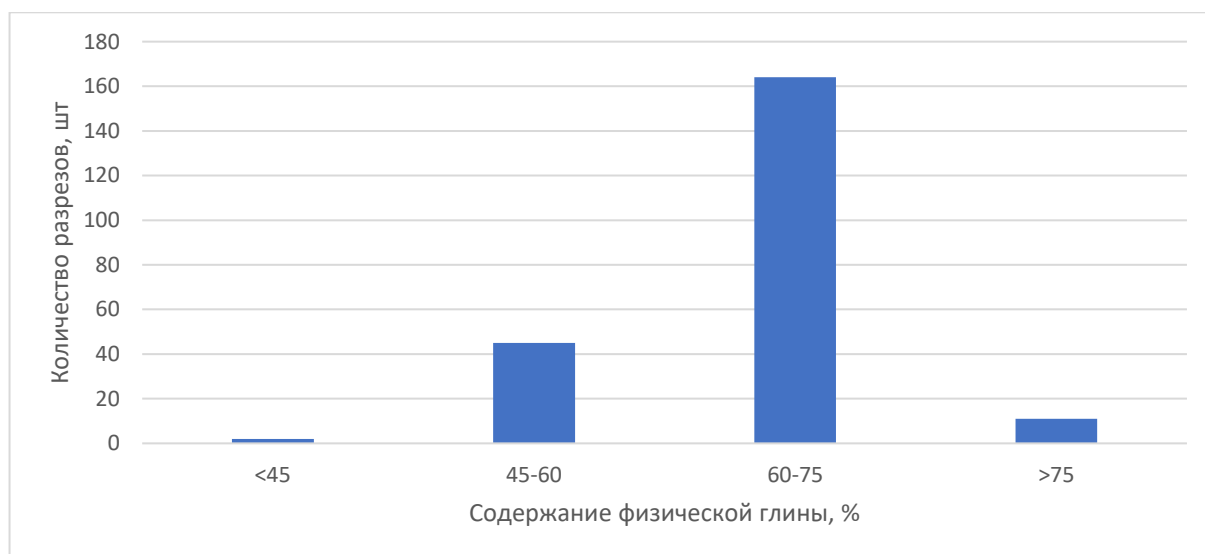


Рисунок 24 – Распределение разрезов по содержанию физической глины в верхних горизонтах черноземов обыкновенных карбонатных по Северо-Приазовскому району, согласно данным РПДЦ

4.3.3.2. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных карбонатных (горизонт С)

Рассмотрим сравнение содержания физической глины в горизонте С внутри почвенных разновидностей (табл. 26).

Таблица 26 – Среднестатистический гранулометрический состав черноземов обыкновенных карбонатных Северо-Приазовского района, горизонт С, % (Болдырева и др. 2022с))

Разновидность	1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,00 1	<0,0 1
Общий ГМС	0,5	6,2	27,6	10,4	16,6	38,7	65,7
макс	22,0	39,0	46,0	23,0	27,0	57,0	81,0
мин	0,0	0,0	5,0	3,0	7,0	19,0	46,0
Тяжелый суглинок	2,0	11,7	29,8	8,6	14,5	33,5	56,5
макс	22,0	39,0	46,0	14,0	27,0	41,0	60,0
мин	0,0	1,0	5,0	3,0	8,0	19,0	46,0
Легкая глина	0,2	5,4	27,8	10,8	16,9	39,0	66,6
макс	4,0	20,0	37,0	23,0	25,0	57,0	75,0
мин	0,0	0,0	14,0	7,0	7,0	26,0	61,0
Средняя глина	0,2	2,4	20,3	11,0	17,8	48,3	77,0
макс	1,0	12,0	24,0	15,0	24,0	54,0	81,0
мин	0,0	0,0	9,0	8,0	13,0	44,0	75,0

Вычисление среднестатистического состава по разновидностям показало, что в целом для черноземов обыкновенных Северо-Приазовского района РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется: максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила. Это согласуется и с литературными данными (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012) С утяжелением текстурного класса сохраняется общая тенденция перераспределения ЭПЧ по фракциям: происходит некоторое уменьшение количества крупной пыли, незначительное увеличение мелкой и заметное увеличение количества ила (рис.25).

Средние значения содержания физической глины по разновидностям составляют для тяжелых суглинков – $56,5 \pm 3,88\%$, для легких глин – $66,64 \pm 3,99\%$, для средних глин – $77,00 \pm 1,70\%$.

Такое содержание физической глины, зафиксированное в материалах РПДЦ, согласуется с литературными сведениями. Так, по данным В. Ф. Валькова, К. Ш. Казеева, С. И. Колесникова (2002) горизонт С тяжелосуглинистых разновидностей характеризуется содержанием физической глины в среднем до 59,0 %. (Болдырева и др. 2022с)

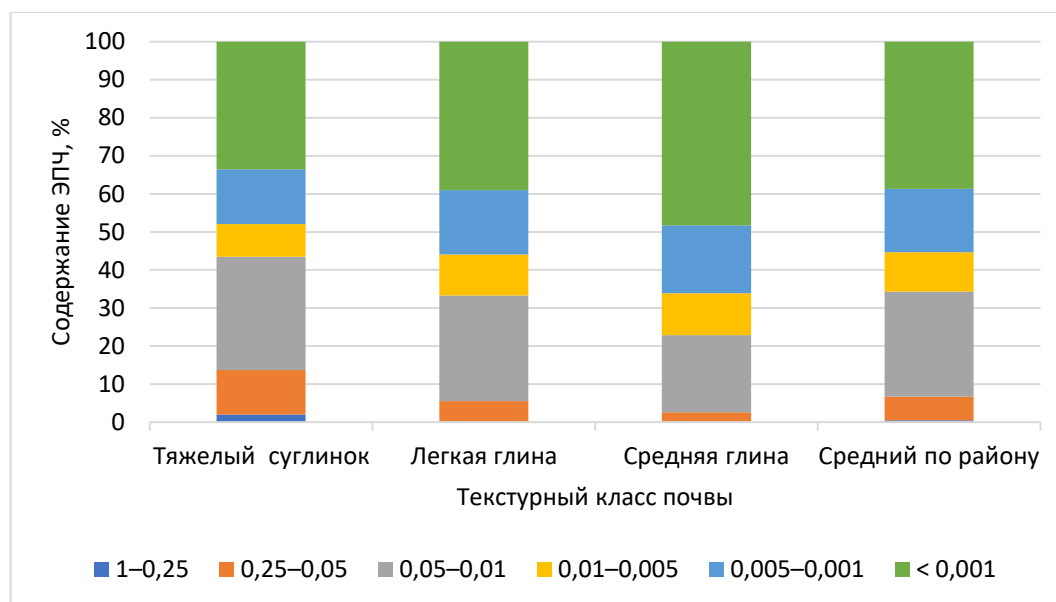


Рисунок 25 – Тенденция перераспределения ЭПЧ в зависимости от почвенной разновидности в горизонте С черноземов обыкновенных карбонатных по Северо-Приазовскому району

Рисунок 26 демонстрирует распределение разрезов, представленных в БД, по содержанию физической глины: более половины разрезов Северо-Приазовского почвенного района принадлежат к легкоглинистой разновидности (учитывая и переходные образцы с содержанием физической глины, равным границам класса 60 и 75 %). Эти данные вполне сходны с описанным выше общим распределением черноземов обыкновенных по РО.

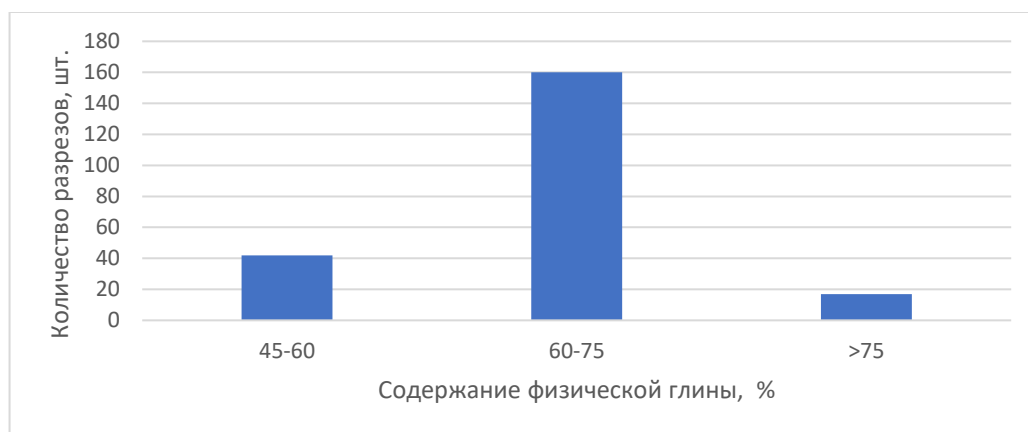


Рисунок 26 – Распределение разрезов по содержанию физической глины в горизонте С черноземов обыкновенных карбонатных по Северо-Приазовскому району, согласно данным РПДЦ.

Необходимо отметить, что в Северо-Приазовском районе в верхних горизонтах черноземов обыкновенных карбонатных отмечается наличие среднесуглинистой почвенной разновидности, тогда как в горизонте С такой разновидности нет (рис. 27).

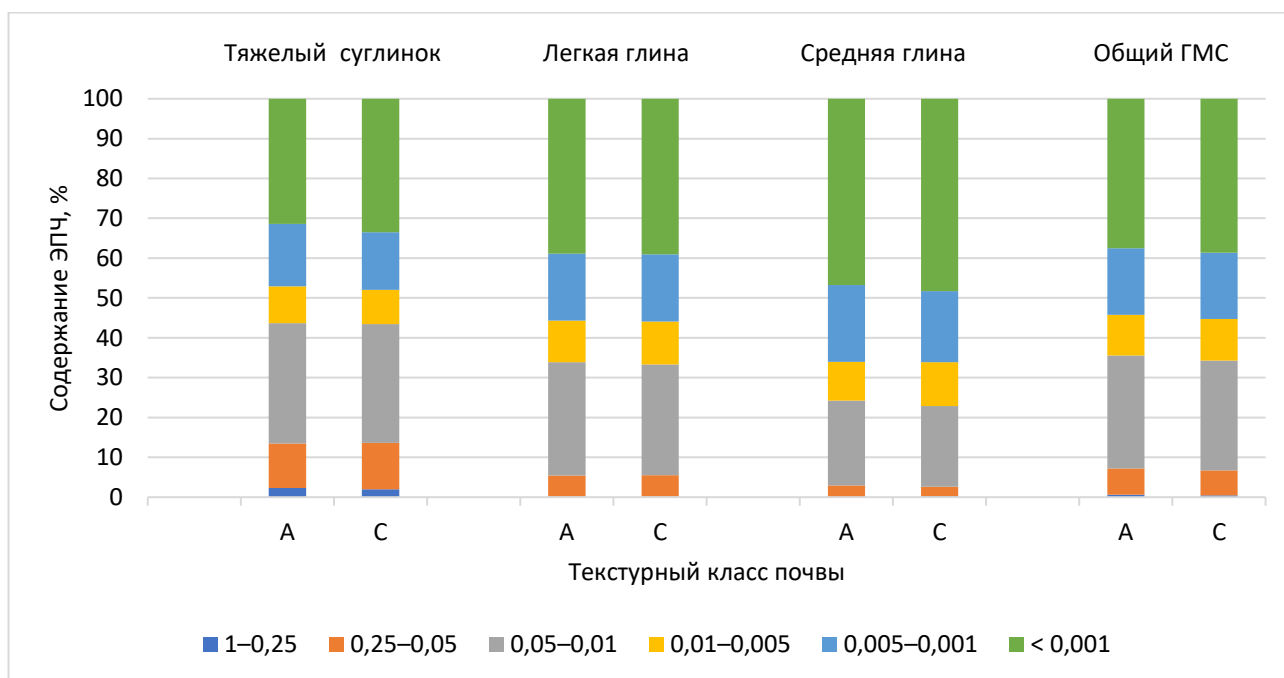


Рисунок 27 – Сравнительный анализ гранулометрического состава черноземов разных текстурных классов Северо-Приазовского почвенного района, согласно данным РПДЦ

На рисунке 27 видно, что гранулометрический состав однороден по профилю, как и отражено в литературных источниках, наблюдаются некоторые

перегруппировки частиц по фракциям, но как правило, внутри одного и того же текстурного класса.

4.3.4. Азово-Кубанский район

Рассмотрим подробнее Азово-Кубанский (Южный по Гаврилюку, 1960) почвенный район, основные среднестатистические параметры гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных этого района представлены далее: (таблица 27, рис. 28, 29) – верхние и (таблица 28, рис. 30, 31) – нижние.

Таблица 27 – Среднестатистический гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных Азово-Кубанского почвенного района, %

Разновидность	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	< 0,01
Общий	0,1	6,0	31,8	10,9	17,0	34,2	62,0
макс	5,0	37,0	45,0	21,0	26,0	52,00	81,0
мин	0,0	0,0	14,0	4,0	6,0	13,0	32,0
Средний суглинок	0,0	20,8	38,5	8,5	13,8	18,5	40,3
макс	0,0	37,0	45,0	14,0	18,0	22,0	44,0
мин	0,0	12,0	30,0	5,0	6,0	13,0	32,0
Тяжелый суглинок	0,2	10,9	35,0	10,0	17,1	26,8	53,8
макс	5,0	36,0	43,0	17,0	26,0	45,0	60,0
мин	0,0	0,0	14,0	6,0	10,0	15,0	46,0
Легкая глина	0,1	3,5	30,4	11,3	17,1	37,7	66,0
макс	3,0	12,0	38,0	17,0	24,0	52,0	75,0
мин	0,0	0,0	23,0	4,0	9,0	26,0	60,0
Средняя глина	0,0	3,3	18,7	12,7	20,0	45,3	78,0
макс	0,0	5,0	23,0	21,0	24,0	48,0	81,0
мин	0,0	2,0	17,0	5,0	14,0	42,0	75,0

По местной классификации черноземы относятся к черноземам предкавказским. Классификация и диагностика почв 1977 относит почвы данного района по типовой и подтиповой (родовой) принадлежности к черноземам обыкновенным карбонатным, а по фациальной – к очень теплым кратковременно промерзающим. Согласно Классификации и диагностики почв России (2004)

черноземы исследуемой территории являются миграционно-сегрегационными, а по классификации WRB (2014) носят название Calcic Chernozem (цит. по Безуглова и др., 2020а).

4.3.4.1. Гранулометрический состав верхних горизонтов черноземов обыкновенных

Анализ среднестатистического гранулометрического состава по разновидностям показал, что в целом для черноземов обыкновенных Азово-Кубанского почвенного района РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется и согласуется с литературными данными (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012).

Максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила, для всех почвенных разновидностей, в отличие от данных для общего содержания по области и для Северо-Приазовского района, где для среднесуглинистых почв ситуация несколько отличалась, с преобладающими фракциями мелкого песка и крупной пыли в первом случае, и мелкого песка и ила – во втором. С утяжелением текстурного класса сохраняется общая тенденция перераспределения ЭПЧ по фракциям происходит уменьшение фракции крупной пыли, увеличение мелкой и заметное увеличение количества ила (рис. 28).

Средние значения содержания физической глины для черноземов обыкновенных Азово-Кубанского почвенного района по разновидностям составляет для средних суглинков $40,25 \pm 5,56\%$, для тяжелых суглинков – $53,81 \pm 4,14\%$, для легких глин – $66,03 \pm 3,48\%$, для средних глин – $78,00 \pm 2,63\%$.

Содержание физической глины по данным РПДЦ для легкоглинистых и тяжелосуглинистых разновидностей верхних горизонтов черноземов обыкновенных Азово-Кубанского почвенного района, согласуется с литературными сведениями. По данным О. С. Безугловой, М. М. Хырхыровой (2008) содержание физической глины в пахотном слое глинистых разновидностей 64,7 % (границы варьирования 60,1–70,3 %), в тяжелосуглинистых разновидностях – 52,4 % (границы варьирования 45,4–59,9 %). По данным В. Ф. Валькова, К. Ш. Казеева, С. И. Колесникова (2012) содержание физической глины в верхних

горизонтах легкоглинистых разновидностей – 65,6 % (в среднем). (Болдырева и др. 2022с)

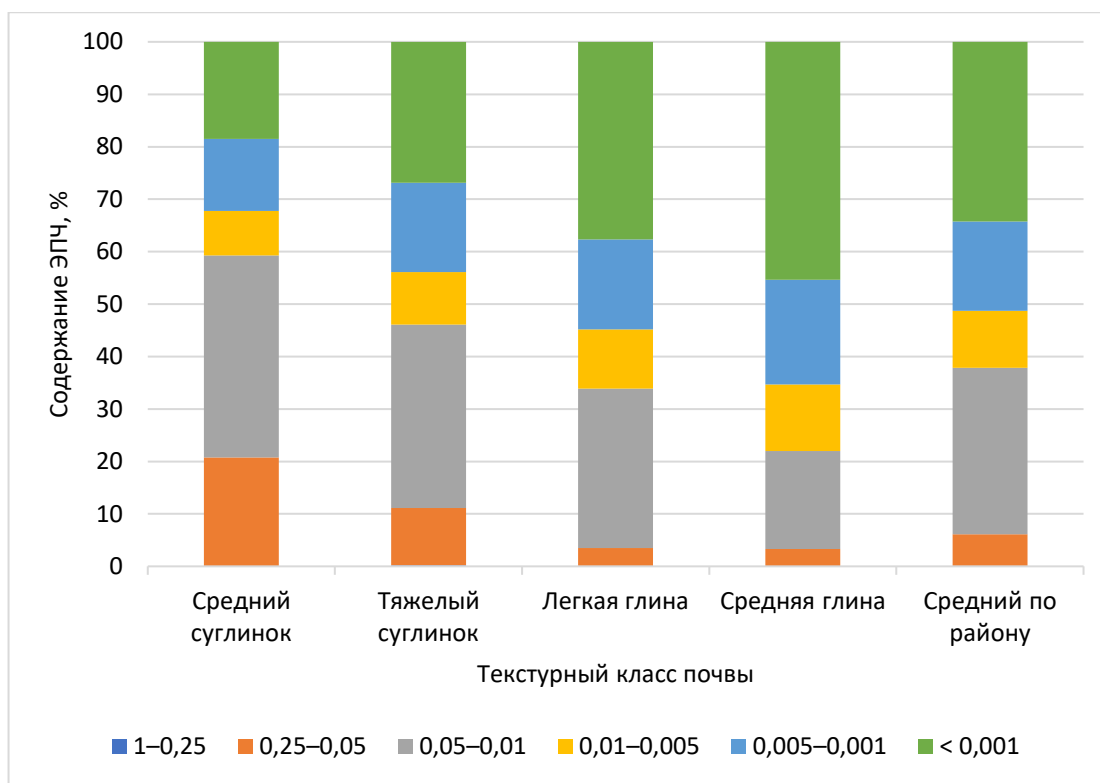


Рисунок 28 – Распределение ЭПЧ по фракциям в зависимости от почвенной разновидности черноземов обыкновенных карбонатных Азово-Кубанского почвенного района (верхние горизонты)

На рисунке 29 представлено распределение разрезов по содержанию физической глины.

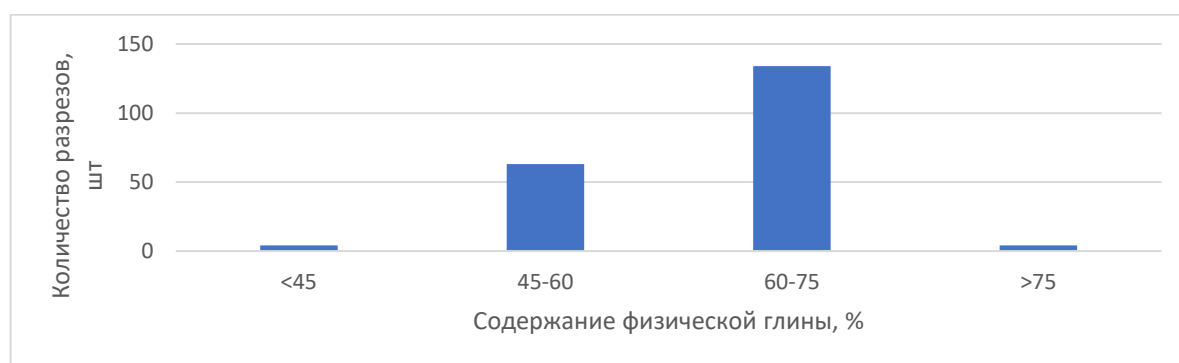


Рисунок 29 – Распределение разрезов по содержанию физической глины в верхних горизонтах черноземов обыкновенных карбонатных по Азово-Кубанскому почвенному району, согласно данным РПДЦ

Более половины всех почвенных разрезов в Азово-Кубанском почвенном районе принадлежат к легкоглинистой разновидности, учитывая и переходные

образцы, с содержанием физической глины, равным границам класса 60 и 75% соответственно. Эти данные вполне сходны с описанным выше общим распределением обыкновенных черноземов по РО.

4.3.4.2. Гранулометрический состав черноземов обыкновенных (гор. С)

Рассмотрим подробнее особенности горизонта С черноземов обыкновенных карбонатных (предкавказских) Азово-Кубанского почвенного района (табл. 28). Анализ среднестатистического гранулометрического состава по разновидностям показал, что в целом для горизонта С черноземов обыкновенных Азово-Кубанского почвенного района РО соотношение фракций внутри разновидностей сохраняется и согласуется с литературными данными (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков, Казеев, Колесников, 2012).

Таблица 28 – Среднестатистический гранулометрический состав горизонта С черноземов обыкновенных карбонатных Азово-Кубанского почвенного района

Разновидности	1– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001	<0,01
Общий	0,1	5,2	31,5	10,5	17,1	35,8	63,2
макс	2,0	22,0	43,0	16,0	33,0	50,0	76,0
мин	0,0	0,0	18,0	3,0	6,0	17,0	48,0
Тяжелый суглинок	0,1	8,3	35,2	9,3	16,1	31,0	56,2
макс	2,0	22,0	43,0	14,0	23,0	40,0	60,0
мин	0,0	1,0	25,0	4,0	6,0	22,0	48,0
Легкая глина	0,1	4,1	30,2	10,8	17,4	37,5	65,7
макс	2,0	15,0	39,0	16,0	33,0	50,0	74,0
мин	0,0	0,0	18,0	3,0	7,0	17,0	60,0

Во всех почвенных разновидностях максимальное количество частиц сосредотачивается во фракциях крупной пыли и ила. Содержание фракций крупного и среднего песка выражается в сотых долях, мелкого песка – до 9% в тяжелосуглинистых разновидностях, а в легкоглинистых – менее 5%. В остальных фракциях тенденция сохраняется: с утяжелением текстурного класса наблюдается общая тенденция перераспределения ЭПЧ по фракциям: уменьшение содержания

фракции крупной пыли, увеличение количества мелкой пыли и заметное увеличение количества ила (рис. 30).

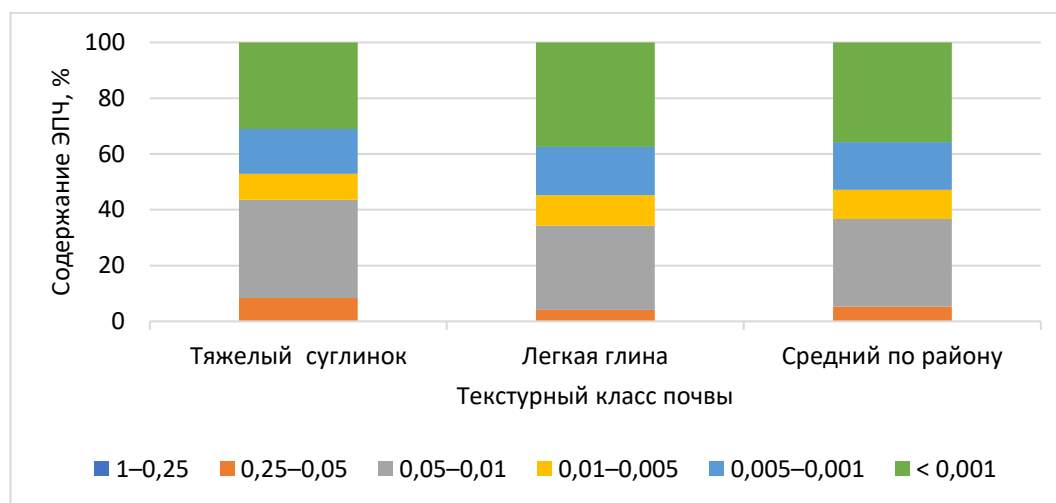


Рисунок 30 – Тенденция перераспределения ЭПЧ по фракциям в горизонте С черноземов обыкновенных карбонатных Азово-Кубанского почвенного района в зависимости от почвенной разновидности

Средние значения содержания физической глины для черноземов обыкновенных карбонатных Азово-Кубанского почвенного района по разновидностям составляет для тяжелых суглинков – $56,17 \pm 3,49\%$, для легких глин – $65,61 \pm 3,57\%$. Содержание физической глины в разрезах, вошедших в РПДЦ, для легкоглинистых и тяжелосуглинистых разновидностей черноземов обыкновенных (гор. С) Азово-Кубанского почвенного района также согласуется с литературными сведениями. По данным В. Ф. Валькова, К. Ш. Казеева, С. И. Колесникова (2002) содержание физической глины в верхних горизонтах легкоглинистых разновидностей в среднем составляет 63,6 %.(Болдырева и др. 2022с)

На рисунке 31 представлено распределение разрезов по содержанию физической глины в горизонте С: 2/3 всех горизонтов С черноземов обыкновенных карбонатных по Азово-Кубанскому почвенному району принадлежат к легкоглинистой разновидности, учитывая и переходные образцы (с содержанием физической глины, равным границам класса 60 и 75%).

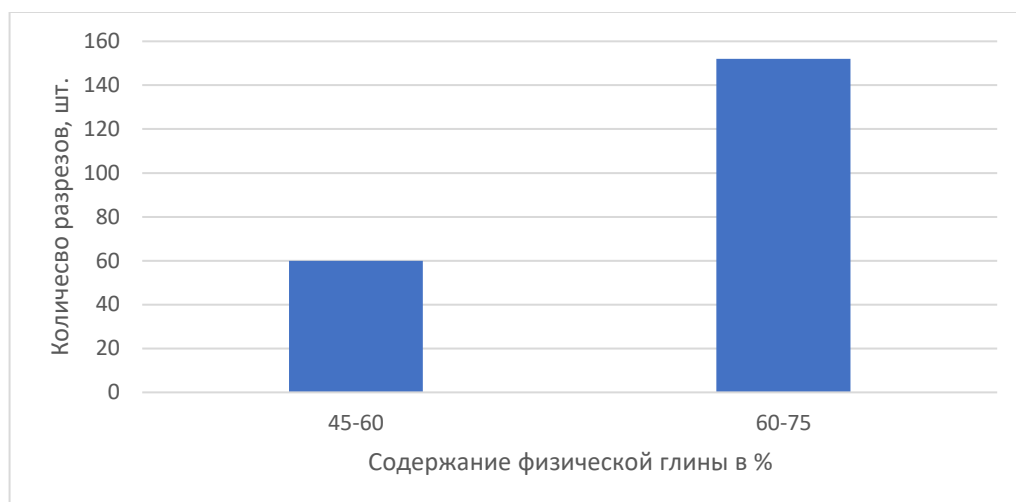


Рисунок 31 – Распределение разрезов по содержанию физической глины в гор. С черноземов обыкновенных карбонатных по Азово-Кубанскому почвенному району, согласно данным РПДЦ

Необходимо отметить, что в Азово-Кубанском почвенном районе среди верхних горизонтов черноземов обыкновенных карбонатных отмечается наличие образцов среднесуглинистой и среднеглинистой разновидности, тогда как в горизонте С встречаются только тяжелосуглинистые и легкоголинистые разновидности (рис.32).

Рисунок 32 наглядно иллюстрирует, что гранулометрический состав черноземов обыкновенных достаточно однороден по профилю, что статистически подтверждает закономерность, описанную в многочисленных литературных источниках, но преимущественно на основе единичных или немногочисленных разрезов.

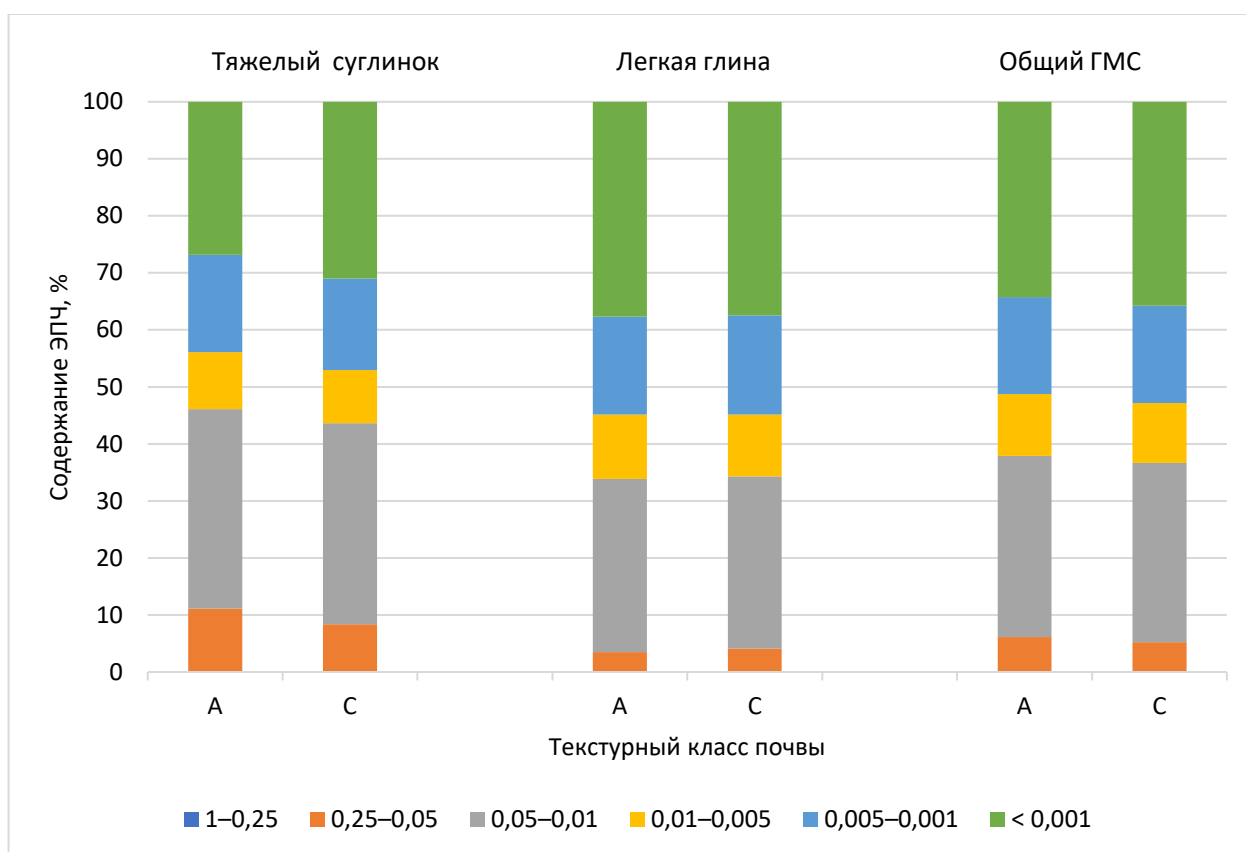


Рисунок 32 – Гранулометрический состав горизонтов А и С черноземов обыкновенных карбонатных по Азово-Кубанскому почвенному району, согласно данным РПДЦ

4.3.5. Гранулометрический состав: вклад фракций в физическую глину

Физическая глина включает ряд фракций: среднюю, мелкую пыль и ил в процентном соотношении 17/27/56 для всех черноземов РО. Если рассматривать почвенные разновидности по отдельности, то вклад каждой фракции изменяется с утяжелением класса. Вклад ила увеличивается, средней пыли уменьшается, а мелкой пыли тоже уменьшается, но в классе суглинков это один диапазон, а в глинах тоже общий, но заметно меньший вклад (таблица 29).

Из таблицы 29 видно, что в среднем по области вклад илистых частиц физическую глину верхних горизонтов черноземов превышает 50 %, кроме средних суглинков Азово-Кубанского почвенного района, где доля средней пыли не превышает 18,5 %, а мелкой пыли колеблется в диапазоне 25–32%.

Таблица 29 – Вклад почвенных фракций в ЭПЧ в физическую глину в верхних горизонтах черноземов обыкновенных карбонатных РО, %

Область	Разновидность	Вклад фракций в ФГ, %		
		0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Ростовская область	Средний суглинок	18,5	32,0	50,5
	Тяжелый суглинок	17,7	29,7	52,7
	Легкая глина	16,4	25,9	57,9
	Средняя глина	13,9	25,2	60,7
	Общий ГМС	16,7	26,9	56,5
Среднедонской район	Легкая глина	16,0	28,6	55,3
	Общий ГМС	15,5	28,5	55,8
Донецкий район	Тяжелый суглинок	18,5	28,3	53,4
	Легкая глина	15,7	29,6	54,9
	Общий ГМС	16,5	29,2	54,5
Северо-Приазовский район	Средний суглинок	12,7	28,2	59,2
	Тяжелый суглинок	16,5	27,7	55,8
	Легкая глина	15,8	25,4	58,9
	Средняя глина	12,8	25,4	61,6
	Общий ГМС	15,8	26,0	58,3
Азово-Кубанский район	Средний суглинок	21,1	34,2	46,0
	Тяжелый суглинок	18,5	31,7	49,9
	Легкая глина	17,1	26,0	57,1
	Средняя глина	16,2	25,6	58,1
	Общий ГМС	17,5	27,5	55,2
Донской террасовый район	Тяжелый суглинок	17,3	31,6	51,2
	Средняя глина	17,9	24,2	58,3
	Общий ГМС	17,5	27,0	55,7

В горизонте С сохраняется тенденция с распределением вклада фракций ЭПЧ в физическую глину – 16/26/58, но уже во всех почвенных районах и по всем гранулометрическим классам вклад ила превышает 50% (табл. 30). В отличие от верхних горизонтов черноземов, где вклад мелкой пыли для большинства почвенных районов не превышает 30 %.

Таблица 30 – Вклад ЭПЧ в физическую глину (горизонт С) Черноземов Обыкновенных карбонатных РО, %

Район	Разновидность	Вклад фракций в Ф.Г., %		
		0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Ростовская область	Тяжелый суглинок	16,1	27,6	56,5
	Легкая глина	16,1	25,9	58,0
	Средняя глина	14,0	23,6	62,5
	Общий ГМС	16,0	26,2	57,9
Среднедонской район	Тяжелый суглинок	15,1	25,5	59,4
	Легкая глина	13,5	25,5	61,1
	Средняя глина	12,2	21,8	65,4
	Общий ГМС	13,4	24,8	61,7
Донецкий район	Тяжелый суглинок	15,6	28,3	56,7
	Легкая глина	14,2	26,8	59,1
	Общий ГМС	14,0	27,1	59,0
Северо-Приазовский район	Тяжелый суглинок	15,2	25,6	59,3
	Легкая глина	16,1	25,4	58,6
	Средняя глина	14,3	23,2	62,7
	Общий ГМС	15,9	25,4	58,9
Азово-Кубанский район	Тяжелый суглинок	16,6	28,6	55,2
	Легкая глина	16,5	26,5	57,1
	Общий ГМС	16,5	27,0	56,6
Донской террасовый район	Тяжелый суглинок	16,3	33,5	50,7
	Средняя глина	15,3	27,5	57,7
	Общий ГМС	15,8	30,0	54,7

4.4 Статистическая обработка данных гранулометрического состава почв Ростовской области

Сбор данных о почве никогда не является самоцелью, он предназначен для систематизации почвенных свойств и улучшения понимания взаимосвязей между почвами разных типов, решения классификационных проблем (Hartemink, 2015; Isbell, 1992).

Почва – многофакторный и многокомпонентный объект исследований, пытаясь объяснить сложные взаимосвязи компонентов почвенной системы, ученые заинтересованы в обнаружении связей между переменными, которые можно получить только на основе обобщения больших объемов данных.

Почва – не изолированное тело, а открытая биокосная система. Однако в любой классификации каждому почвенному образцу отводится класс или классы, которые искусственно ограничивают/упрощают его свойства. Изучая образец почвы как часть целого, мы тем самым помещаем существующие почвенные данные в установленные категории. Эти классификационные категории почв периодически пересматриваются по мере накопления знаний. Причем каждая новая классификационная схема основывается на новом предположении о количестве «полезных» классов для широкого круга целей (Красильников и др., 2009). Точно так же разновидности почвы еще один пример установленных экспериментально категорий, потому что на самом деле почвенная разновидность имеет непрерывный характер. Это показывает, что многие аспекты почвоведения никогда не основываются на одиночных данных, но формируются путем комбинации знаний и наблюдений / экспериментов. Так, например, в случае с разновидностью почвы гранулометрический состав может быть установлен не только путем определения в лаборатории количества фракций тем или иным методом, но и при помощи определения, например, числа пластичности (ГОСТ 12536-2014), то есть гранулометрический состав – название образца почвы, полученное из процентного соотношения ЭПЧ в образце, это не просто цифры, за ними стоит свойство почвы, которое отражается в изменении физических свойств, в связи с чем может получить экспериментальное подтверждение определением других свойств, а может и не получить. Одним из таких подтверждений выступает лабораторный метод, описанный в ГОСТе, по отношению к полевому методу скатывания шнура.

Для исследования почвы ученый выбирает тщательно разработанный фрагмент окружающей среды, называемый образцом, который не является лишь частью объекта исследования. Мы не сможем получить генеральную совокупность, какой бы объем данных ни накопили, поскольку изъятый образец уже преобразован

человеком и не является нативной частью почвы. И какой бы объем данных мы ни собрали, это будет лишь выборка. Здесь снова необходимо отметить предвзятость и контекстность данных, зависящие от условий их сбора, хранения, и информацию, содержащуюся в них. Тем не менее методами математической статистики при наличии больших выборок можно установить закономерности, которые не удастся доказать другими способами. Большие объемы данных о почве могут быть полезны для поиска корреляций, генерирования новых гипотез и подтверждения известных. Большие объемы данных могут помочь в разработке новых более реалистичных моделей и экспериментов, которые могут быть основаны на вновь полученных причинно-следственных связях.

4.4.1. Анализ распределения данных физической глины черноземов обыкновенных Ростовской области

На рисунке 33 представлено распределение содержания физической глины в верхних горизонтах черноземов РО. Его можно характеризовать как приближенное к нормальному. Факт совпадения среднего арифметического, моды и медианы, говорит о том, что распределение приближено к нормальному: эти показатели равны 63-64-64% соответственно. Так же это подтверждается законом «трёх сигм». (Лакин, 1990).

Из этого следует что оценивать выборку почвенных данных можно при помощи параметрических критериев. Однако, как в своих работах отмечают ученые, работающие с большими объемами данных о почве, и конкретно с гранулометрическим составом, даже если ряд подчиняется законам нормального распределения, применительно к такой системе, как почва, предпочтительнее использовать непараметрические критерии, так как даже в случае небольших отличий распределений признака от нормального вида они в этой ситуации оказываются часто более значимыми (Валеева, 2014; Polakowski, 2021; Malone, Searle, 2021).

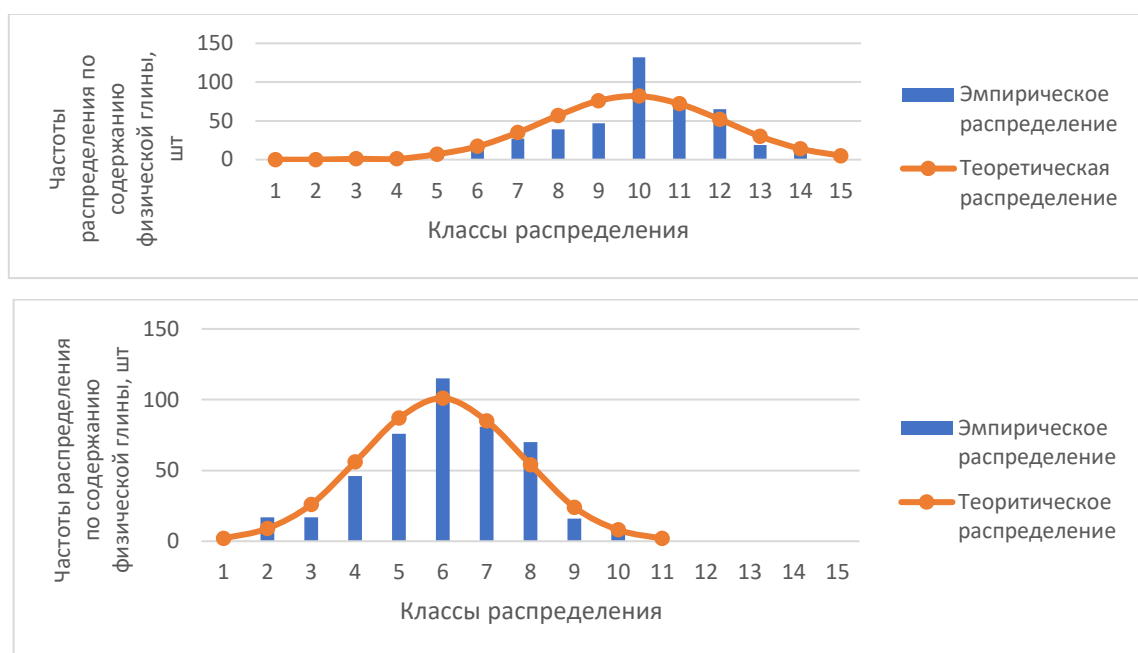


Рисунок 33 –Распределение содержания физической глины в черноземах обыкновенных РО, горизонты А и С

Результаты статистической обработки данных по содержанию физической глины в верхних горизонтах показаны на рисунке 34.

Из общего массива данных для расчета рассматриваемого показателя в этом разделе нами были исключены средние суглинки и глины, в силу того, их очень мало и черноземы обыкновенные с таким гранулометрическим составом не характерны для исследуемого региона.

Результаты показали, что в РО для содержания физической глины в черноземах разного гранулометрического состава в целом и отдельно по почвенным районам области характерно смещение средней арифметической относительно медианы.

Медиана больше средней величины, что говорит об отрицательной асимметрии для тяжелых суглинков, а для легких глин – медиана меньше среднего, что говорит о положительной асимметрии.

В целом для классов суглинков и глин характерно смещение медианных значений к их границе – 60%, что вероятно характеризует стремление системы к равновесному (устойчивому) состоянию, когда содержание физической глины составляет 60% (Boldyreva, 2021).

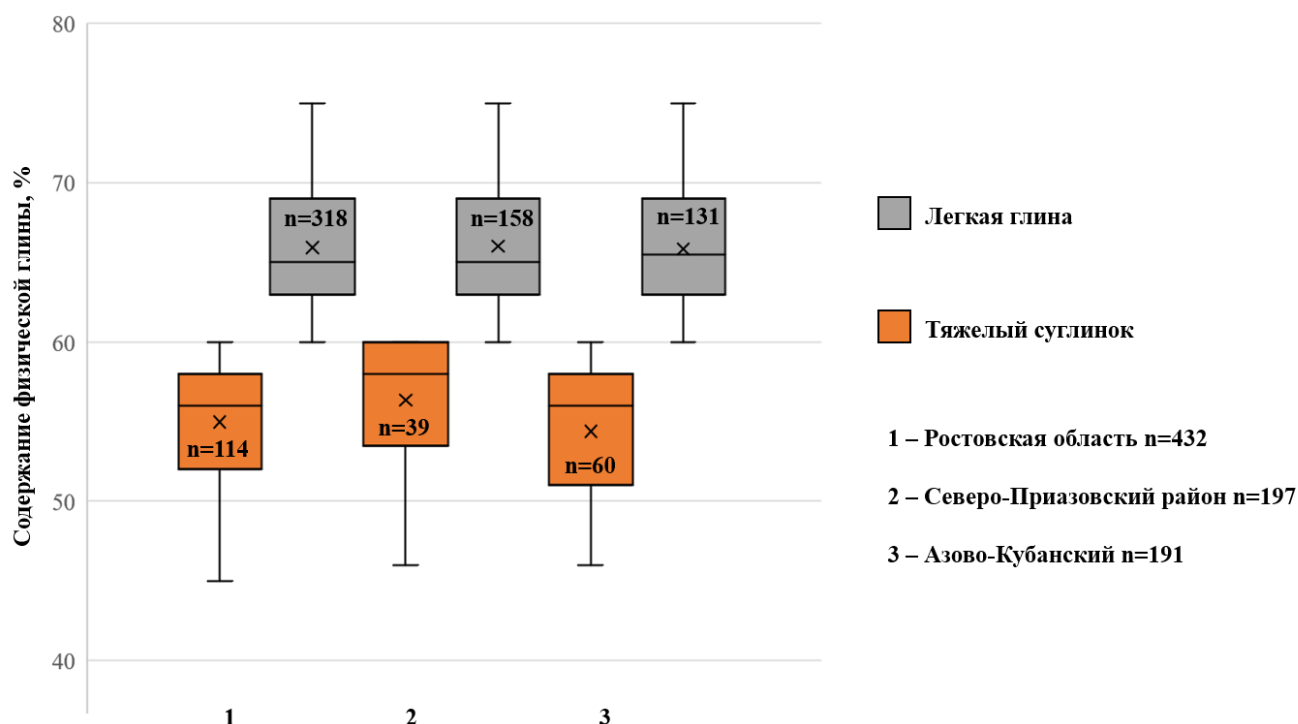


Рисунок 34 – Содержание физической глины в черноземах разного гранулометрического состава по результатам статистической обработки данных для Северо-Приазовского и Азово-Кубанского районов и целом для РО

Средние значения содержания физической глины по РО, Северо-Приазовскому и Азово-Кубанскому районами находятся в одном диапазоне для каждой разновидности: 35–40% для средних суглинков, 54–56% для тяжелых суглинков, 65–67% для легких глин, 76–77% для средних глин. Такая закономерность смещения медианных значений относительно средних арифметических, вероятно может говорить о наличии равновесного состояния системы.

4.4.2. Анализ физической глины: основные статистические показатели

Далее рассмотрим статистические показатели содержания физической глины и ила в черноземах в целом по РО (табл. 31, 32).

Для суждения об относительной величине коэффициента вариации необходимо хотя бы приблизительно знать средние величины этих коэффициентов для аналогичных случаев, т.е. для объектов, подобных изучаемому, и при использовании сходных методов анализа (Дмитриев, 1995).

Таблица 31 – Описательная статистика показателей ил и физическая глина верхних горизонтов черноземов обыкновенных РО

Район	Показатель		Средняя арифметическая ($\bar{x}$), %	Коэффициент вариации (V), %	Ошибка средней арифметическая S, %
Ростовская область	ГМС	Ил (<0,001)	35,65	20,82	7,42
		ФГ (<0,01)	63,00	11,46	7,22
	Сс	Ил (<0,001)	19,75	15,95	3,15
		ФГ (<0,01)	39,13	13,42	5,25
	Ст	Ил (<0,001)	28,96	21,21	6,14
		ФГ (<0,01)	54,99	7,61	4,18
	Гл	Ил (<0,001)	38,15	14,23	5,43
		ФГ (<0,01)	65,93	5,52	3,64
	Гс	Ил (<0,001)	46,27	7,77	3,59
		ФГ (<0,01)	76,20	2,06	1,57
Северо-Приазовский район	ГМС	Ил (<0,001)	37,50	18,26	6,85
		ФГ (<0,01)	64,31	10,29	6,62
	Сс	Ил (<0,001)	21,00	13,47	2,83
		ФГ (<0,01)	35,50	13,94	4,95
	Ст	Ил (<0,001)	31,42	18,93	5,95
		ФГ (<0,01)	56,36	7,05	3,97
	Гл	Ил (<0,001)	38,86	14,14	5,49
		ФГ (<0,01)	66,01	5,93	3,91
	Гс	Ил (<0,001)	46,73	8,35	3,90
		ФГ (<0,01)	75,82	1,15	0,87
Азово-Кубанский район	ГМС	Ил (<0,001)	34,23	22,60	7,73
		ФГ (<0,01)	62,04	12,06	7,48
	Сс	Ил (<0,001)	18,50	21,85	4,04
		ФГ (<0,01)	40,25	13,81	5,56
	Ст	Ил (<0,001)	26,82	22,33	5,99
		ФГ (<0,01)	53,81	7,70	4,14
	Гл	Ил (<0,001)	37,69	14,53	5,48
		ФГ (<0,01)	66,03	5,27	3,48
	Гс	Ил (<0,001)	45,33	5,70	2,58
		ФГ (<0,01)	78,00	3,37	2,63

*Сс-суглинок средний, Ст-суглинок тяжелый, Гл-глина легкая, Гс-глина средняя, ГМС – без разделения на почвенные разновидности. ФГ – физическая глина.

Если коэффициент вариации по физической глине имеет максимальное значение 14%, то в среднем для тяжёлых суглинков и легких глин, как для основных классов, которыми представлены верхние горизонты черноземов обыкновенных карбонатных РО он лежит в пределах 5–7 % для физической глины, и 15–20% для ила. Коэффициенты вариации и ошибка средней для Северо-

Приазовского района ниже, чем для Азово-Кубанского и всей области в целом (таблица 31). Далее в таблице 32 отражены аналогичные расчеты для горизонта С.

Таблица 32 – Описательная статистика показателей ил и физическая глина черноземов обыкновенных РО (горизонт С)

Район	Показатель		Средняя арифметическая ($\bar{x}$), %	Коэффициент вариации (V), %	Ошибка средней арифметическая S, %
Ростовская область в целом	ГМС	Ил (<0,001)	37,37	15,82	5,91
		ФГ (<0,01)	64,59	9,78	6,31
	Ст	Ил (<0,001)	31,85	13,66	4,35
		ФГ (<0,01)	56,37	6,52	3,68
	Гл	Ил (<0,001)	38,42	12,66	4,86
		ФГ (<0,01)	66,22	6,08	4,03
	Гс	Ил (<0,001)	48,14	6,96	3,35
		ФГ (<0,01)	77,05	2,19	1,69
Северо-Приазовский район	ГМС	Ил (<0,001)	38,66	14,81	5,73
		ФГ (<0,01)	65,66	10,03	6,58
	Ст	Ил (<0,001)	33,52	12,13	4,07
		ФГ (<0,01)	56,50	6,86	3,88
	Гл	Ил (<0,001)	39,04	12,51	4,88
		ФГ (<0,01)	66,64	5,99	3,99
	Гс	Ил (<0,001)	48,29	5,75	2,78
		ФГ (<0,01)	77,00	2,20	1,70
Азово-Кубанский район	ГМС	Ил (<0,001)	35,74	15,65	5,59
		ФГ (<0,01)	63,17	9,05	5,72
	Ст	Ил (<0,001)	31,00	13,61	4,22
		ФГ (<0,01)	56,17	6,22	3,49
	Гл	Ил (<0,001)	37,43	12,96	4,85
		ФГ (<0,01)	65,61	5,44	3,57

*Сс-суглинок средний, Ст-суглинок тяжелый, Гл-глина легкая, Гс-глина средняя, ГМС – без разделения на почвенные разновидности, ФГ – физическая глина.

Статистические выборки по ФГ можно охарактеризовать как однородные, а для ила характерна умеренное варьирование.

Для горизонтов С характерно еще меньшее варьирование изучаемых признаков: для ила коэффициент вариации не превышает 15%, для физической глины – 10%, все это говорит об однородности показателя. Стоит отметить, что для всех горизонтов С черноземов обыкновенных РО в которые входят

гранулометрические классы от тяжелых суглинков до средних глин коэффициент вариации для физической глины составляет 9,78% это признак того что все эти почвы имеют более менее однородный горизонт С, для верхних горизонтов это показатель равен 11,46%, что говорит о средней вариабельности физической глины.

Для ила эти коэффициенты 15,82% и 20,82% соответственно для нижних и верхних горизонтов, что свидетельствует о средней вариабельности количества ила в верхних и нижних горизонтах чернозёмов обыкновенных карбонатных РО. Внутри каждого почвенного района и разновидности коэффициент может отличаться в ту или иную сторону.

4.4.3. Анализ распределения данных гигроскопической влаги черноземов Ростовской области

Для того чтобы определить характер распределения содержания гигроскопической влаги в верхних и нижних горизонтах черноземов РО были рассчитаны основные статистические показатели и построены графики распределения эмпирических и теоретических частот (таблица 33, рисунок 35).

Графиков указывают на то, что распределение по разным горизонтам приближено к нормальному, хотя данные, представленные в таблице, это отражают это не в полной мере, так как не наблюдается равенства показателей моды, медианы и среднего: 5%, 5% и 5,4% для горизонта А РО, и 4,5%, 4% и 4% для горизонта С РО, для отдельных почвенных районов эта тенденция сохраняется. Коэффициент вариации для нижележащих горизонтов гораздо выше, чем для верхних.

Таблица 33 – Основные статистические показатели содержания гигроскопической влаги черноземов обыкновенных верхних и нижних горизонтов (А/С)

Показатель	Ростовская область	Северо-Приазовский район	Азово-Кубанский район
Среднее	5,4	5,7	5,1
	4,5	4,7	4,2
Медиана	5,0	6,0	5,0
	4,0	5,0	4,0
Мода	5,0	6,0	5,0
	4,0	4,0	4,0
Стандартное отклонение	1,1	1,1	1,0
	1,2	1,1	1,3
Дисперсия выборки	1,2	1,3	1,1
	1,4	1,1	1,8
Коэф. вариации	20,1	19,8	20,3
	26,2	22,6	31,9
Интервал	7	7	5
	8	5	8
Минимум	2	2	3
	1	2	1
Максимум	9	9	8
	9	7	9
Счет	380	180	159
	396	176	173

Распределение содержания гигроскопической влаги в нижних горизонтах характеризуется как нормальное, что также подтверждается равенством моды, медианы и среднего. В обоих случаях наблюдается асимметрия распределений. В силу описанных отклонений от нормального распределения, хотя и не значительного, а также данных из литературы, далее нами при расчётах корреляционных связей был применены не только параметрические показатели, но и непараметрические.

Далее нам бы хотелось обсудить корреляцию гранулометрического состава содержания гигроскопической влаги. Нами было рассмотрено предположение о том, что гигроскопическая влага, являясь адсорбционной, должна иметь связь/зависеть, в том числе от количества свободных поверхностей для адсорбции воды.

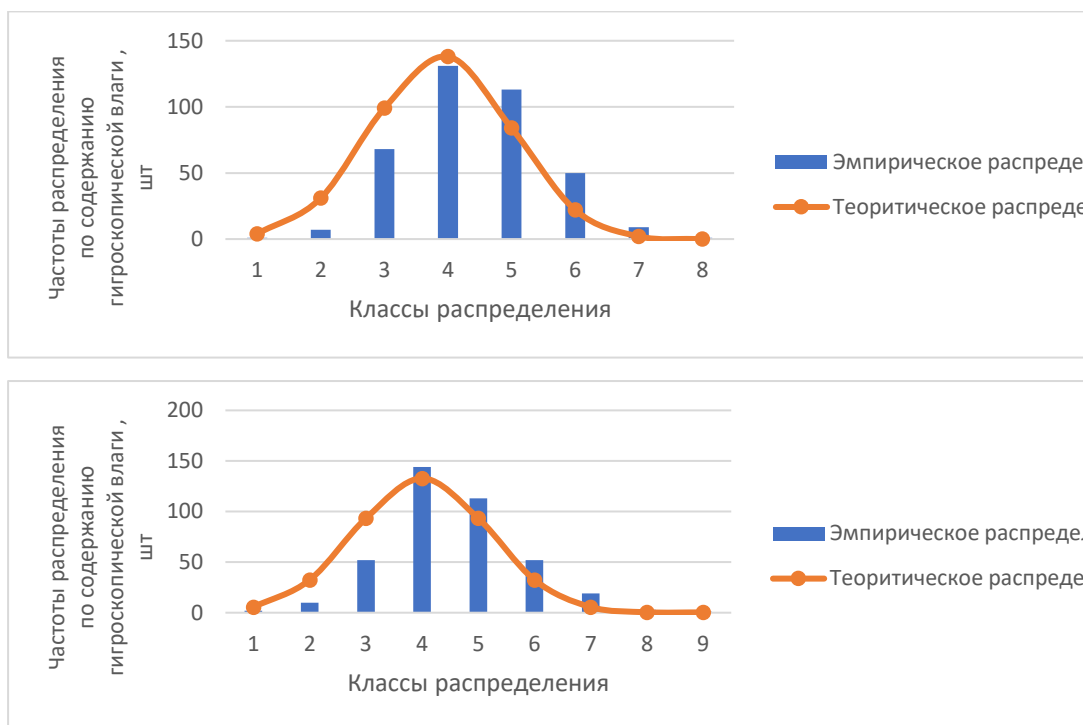


Рисунок 35 – Распределение данных по содержанию гигроскопической влаги верхние горизонты (А) и нижние горизонты (С)

То есть чем больше удельных поверхностей, тем выше гигроскопическая влага. Мы рассмотрели эту корреляционную связь на разных уровнях организации РПДЦ – административном и природно-естественном.

Был проведен корреляционный анализ (таблица 34, 35) содержания физической глины и гигроскопической влаги с применением параметрических критериев, так как выше мы выяснили, что эти показатели подчиняются закону нормального распределения, а также нами был рассчитан корреляционный коэффициент Спирмана – непараметрический критерий, так как некоторые ученые считают, что в случае с почвой и гранулометрическим составом необходимо использовать непараметрические критерии.

Нами была проведена оценка достоверности корреляции достоверности коэффициентов на уровне значимости 5% – во всех случаях корреляция достоверная. Видно, что непараметрический коэффициент в некоторых случаях оказывался выше.

Таблица 34 – Данные корреляционного и вариационно-статистического анализа данных гранулометрического состава и гигроскопической влаги в верхних горизонтах черноземах обыкновенных

Регион исследований	$\bar{x}$, %		V, %	W _{ГВ}		r ГВ/ФГ	
				М, %	V, %	r	rs
Матвеево-Курганский район	Ил (<0,001)	34,8	11,1	6,4	16,2	0,43	0,48
	ФГ (<0,01)	65,0	8,3				
Северо-Приазовский район	Ил (<0,001)	37,5	18,3	5,7	19,8	0,55	0,61
	ФГ (<0,01)	64,3	10,3				
Азово-Кубанский район	Ил (<0,001)	34,2	22,6	5,0	20,3	0,34	0,42
	ФГ (<0,01)	62,0	12,0				
Ростовская область	Ил (<0,001)	35,7	20,8	5,4	20,1	0,49	0,50
	ФГ (<0,01)	63,0	11,5				

Также видно, что для показателей по Азово-Кубанскому району характерна более высокая вариативность, что сказывается на величине коэффициентов вариации.

Таблица 35 – Данные корреляционного и вариационно-статистического анализа данных гранулометрического состава и гигроскопической влаги в нижних горизонтах черноземах обыкновенных

Регион исследований	$\bar{x}$, %		V, %	W _{ГВ}		r ГВ/ФГ	
				М, %	V, %	r	r _s
Северо-Приазовский район	Ил (<0,001)	38,7	14,8	4,7	22,6	0,45	0,51
	ФГ (<0,01)	65,7	10,3				
Азово-Кубанский район	Ил (<0,001)	35,7	15,6	4,2	31,9	0,17	0,18
	ФГ (<0,01)	63,2	9,1				
Ростовская область в целом	Ил (<0,001)	37,4	15,8	4,4	26,2	0,31	0,38
	ФГ (<0,01)	64,6	9,8				

Расчеты показали, что на основании данных РПДЦ выявляются ожидаемые связи между содержанием физической глины и содержанием гигроскопической влаги W_{ГВ} в горизонте А черноземов обыкновенных карбонатных (r = 0,49 и r_s=

0,50). Для Северо-Приазовского района коэффициент корреляции между рассматриваемыми показателями для гор. А немного выше ($r = 0.55$ и $r_s = 0,61$).

В горизонте С рассматриваемых черноземов связь заметно слабее, особенно по Азову-Кубанскому почвенному району: $r = 0.31$ и $r_s = 0,38$, для почв Северо-Приазовского района коэффициент корреляции немного выше ($r = 0.45$ и $r_s = 0,51$), но в целом ниже, чем для верхних горизонтов.

Можно сделать вывод, что ожидаемую функциональную связь между данными показателями не удалось получить, потому что коэффициент вариации для содержания гигроскопической влаги достаточно высок, и этот показатель не следует использовать как достоверную величину (константу).

4.5. Применение информации о гранулометрических свойствах почвы в задачах почвенно-экологических и почвенно-грунтовых изысканий

Региональный почвенный дата-центр (РПДЦ), являясь структурной частью ИС «Почвенно-географическая база данных РФ», работает основываясь на ряде принципов:

- «1. распределенное хранение первичной почвенной информации в локальных почвенных дата центрах, то есть местах сбора первичной информации;
2. информационный обмен в распределенной пространственной инфраструктуре осуществляется «по запросу» в режиме онлайн;
3. структура регионального почвенного дата центра предусматривает широкое участие различных организаций, генерирующих мониторинговую информацию, осуществляющих векторизацию и наполнение баз архивных данных, выполняющих обработку данных дистанционного зондирования, разработку алгоритмов и пространственно-статистический анализ.» (цит. по Литвинов, 2018):

Основываясь на перечисленных принципах, РПДЦ имеет двойственное значение в процессе обмена почвенными данными как архивными, так и актуальными. РПДЦ – «агрегатор и фильтр» почвенной информации – с одной стороны, с другой – является источником первичной информации, например,

результатов лабораторных испытаний. РПДЦ позволяет в режиме реального времени сформировать запрос и получить отчет. (Литвинов, 2018).

4.5.1. Корректировочное обследование. Гранулометрический состав

РПДЦ обладает огромным накопленным массивом данных о гранулометрическом составе, последние данные были получены в ходе тура почвенного обследования в 1991–1992 гг.

Нами была проведена работа с архивными разнородными данными - крупномасштабными почвенными картами, данными почв по профилям, о рельефе и цифровой модели высот местности, проведена поэтапная работа по инвентаризации, верификации, векторизации и оцифровке этих материалов, данные были сгруппированы и сформированы в систему для последующей работы.

Известно, что для гранулометрического состава как наиболее относительно постоянной характеристики почвы, необходимо проводить корректировочные почвенные обследования раз в 15 лет. С момента упразднения институтов системы Гипрозем (ЮжНИИГипрозем) в 1993 г. за последние 30 лет не проводилось систематического почвенного обследования, либо данный вид исследований проводился локально, в отдельных фермерских хозяйствах.

Одна из возможных перспектив использования РПДЦ – это помощь в проведении корректировочного почвенного обследования, причем именно не полномасштабного, а точечного. Для этого в базе есть все необходимые исследования и инструменты.

В базе РПДЦ накоплен массив данных гранулометрического состава: в виде данных полевого обследования, полученных методом скатывания шнура, т.е. морфологическое описание почвенных контуров, а также данные лабораторного определения гранулометрического состава, т. е. количественное содержание физической глины.

В ходе работы с массивом данных был определен ряд неточностей и так называемых мест, на которые необходимо обратить внимание, которые были описаны нами выше:

- это и отсутствие координатных привязок данных;
- ошибки расчета гранулометрического анализа;
- некорректные данные о содержания гигроскопической влаги, либо отсутствие данных;
- несовпадение данных морфологического описания гранулометрического состава с лабораторным определением.
- Целый спектр обстоятельств может объяснять эти неточности:
- от различий во времени и условий отбора образцов до способов и условий высушивания, подготовки и метода определения;
- от ошибок исследователя до систематической ошибки лаборатории;
- от опечатки при составлении отчета до опечаток на этапе векторизации и инвентаризации, а также внесении атрибутивной информации в базу.

Поэтому как уже оговаривалось выше, нам необходимо не просто не пренебречь такими данными, а научиться их видеть, анализировать и использовать в свою пользу. По всем этим пунктам была проведена верификация и «очистка» данных.

Так, например на этапе инвентаризации данных гранулометрического состава нами было выяснено, что для верхних горизонтов черноземов обыкновенных РО существует 21,6% записей, а также 33,7% для нижних горизонтов, у которых не совпадает морфологическое описание почвенной разновидности и количественное определение, то есть данные полевого и лабораторного определения (табл. 12, 15).

В главе 3, где был рассмотрен выбор метода исследования, мы показали, что данные полевого определения совпадают с данными лабораторного определения гранулометрического состава, что подтверждается литературными источниками.

Таким образом наличие записей с такими несоответствиями и их координатная привязка, принадлежность определённым хозяйствам, может быть отправной точкой или списком тех почвенных контуров или хозяйств, в которых необходимо провести корректировочные обследования, вместо сплошного картографического. Такой корректировочный этап поможет верифицировать

ошибки, организовать работу, провести территориальные корректировки, проверить данные и хотя бы полевым методом, либо точно провести лабораторные исследования.

4.5.2. Использование данных РПДЦ по гранулометрическому составу для производства почвенных экспертиз

4.5.2.1. Решение однотипных экспертных задач

Рассмотрим использование геоинформационных систем в практике производства судебно-почвоведческих экспертиз, объектом исследований которых являются состав и свойства почв земельных участков из состава категории земель сельскохозяйственного назначения (например, почвенно-агрохимическая и почвенно-мелиоративная характеристики, характер и степень загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами и иными загрязняющими веществами, др.).

Проведение судебно-почвоведческой экспертизы можно условно разделить на следующие этапы:

1. Постановка цели и задач.
2. Генерализация (актуализация) предоставленной судом информации, и информации из открытых источников.
3. Выезд эксперта на объект (осмотр).
4. Исследовательская часть (анализ первичной информации и данных, полученных экспертом при выезде, при необходимости лабораторные исследования).
5. Формулирование выводов по поставленным вопросам.

Первый этап. Была поставлена задача – определить типовую, родовую, видовую (в том числе с учетом гранулометрического состава) принадлежность почвы установленного земельного участка.

Поставлен вопрос: «привела ли деятельность горно-добывающего предприятия к существенному изменению состава и свойств почвы».

На втором этапе важной особенностью являются первичные данные, предоставленные судом, в случае их недостаточности для получения ответов на поставленные вопросы эксперт может получать дополнительную информацию опираясь на открытые источники.

Можно выделить основные блоки данных (рис. 36), которые используются экспертом при проведении практически любого вида судебно-почвоведческих экспертиз, и дополнительные блоки, которые могут изменяться в зависимости от конкретных задач, поставленных судом.

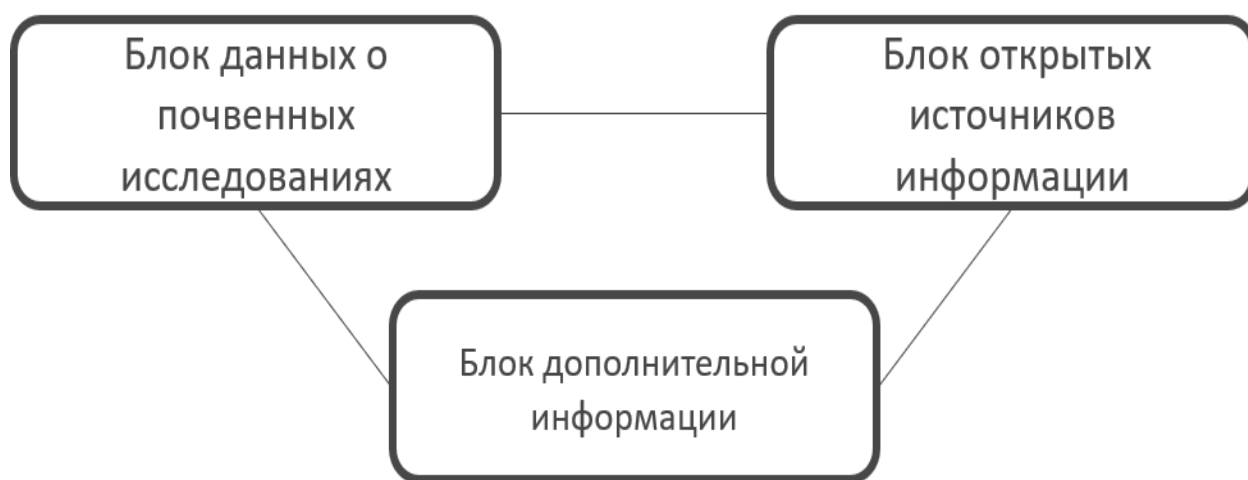
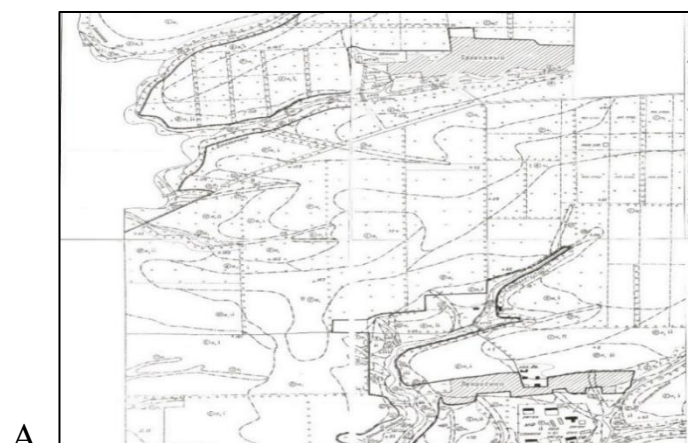


Рисунок 36 – Основные блоки данных используемых для экспертизы

Блок данных о почвенных исследованиях – это могут быть технические отчеты почвенного обследования (рис. 37) – более или менее детализированные, например, с указанием конкретных почвенных свойств, отдельных параметров, иногда это общее описание почвенного покрова, структуры почвенного покрова, иногда это только почвенные карты. Значимым для решения задачи является определение типа почвообразования и основных особенностей, которые характеризуют почву данного конкретного участка.



Б

РОСКОИЗЕМ
Объединение
РосНИИземпроект

Исследование почвы
в Ростовской области
в 1950-1951 гг.

ЮжНИИгипрозем

Технический отчет
по результатам обследования почв
"ЮжНИИгипрозем" Ростовской области

г. Ростов-на-Дону
1950г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Наименование раздела технического отчета и страницы	Стр.
1. Почвенно-геологическая карта	3
2. Описание почв	4
3. Описание почв	9
4. Описание почв	26
5. Описание почв	29
6. Описание почв	30
7. Описание почв	32
8. Описание почв	39
9. Описание почв	43
10. Описание почв	53
11. Описание почв	62
12. Описание почв	63
13. Описание почв	69

В

Ведомость результатов механического анализа образцов почв по генетическим горизонтам по совхозу "ВОСХОД" Багаевского района

Содержание фракций в % от абс. сухой почвы

№ п/п	Исследуемый район	Обозначение горизонта	Глубина залегания горизонта (в см)	1-0,25мм	0,25-0,05мм	0,05-0,01мм	0,01-0,005мм	0,005-0,001мм	Мелее, 0,01мм	Сумма фракций мельче 0,01мм	Гигроскопическая влажность в %	Потери от обработки в %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чернозем предкавказский мощный слабовыщелоченный глинистый на лессовидных глинах												
1.	38	Ап	0-28	-	4,0	30,7	13,5	10,8	41,0	65,3	5,1	2,1
2.		А ₂	32-42	0,2	3,2	30,7	10,5	11,2	44,1	65,9	7,0	2,7
3.		В ₁	48-58	-	5,4	33,5	9,8	11,0	40,3	61,1	5,5	6,4
4.		В ₂	65-75	-	19,7	25,1	5,7	12,9	36,6	55,2	6,0	12,2
Чернозем предкавказский мощный карбонатный глинистый на лессовидных глинах												
5.	79	Ап	0-30	-	7,6	29,2	7,1	16,2	39,8	63,1	6,2	2,4

Рисунок 37 – Пример архивных данных почвенного обследования. А – Крупномасштабная почвенная карта исследуемого района. Б – Технический отчет почвенного обследования; В – ведомость результатов гранулометрического состава анализа образцов почв (архивные данные РПДЦ)

Блок открытых источников информации – это публичные кадастровые документы. Согласно Российскому законодательству, часть землеустроительной информации находится в открытом доступе (рис.38).



Рисунок 38 – Публичная кадастровая карта и космические снимки в открытом доступе

Блок дополнительной информации, это, например, архивные данные гранулометрического состава, собранные РПДЦ. (Рис. 39)

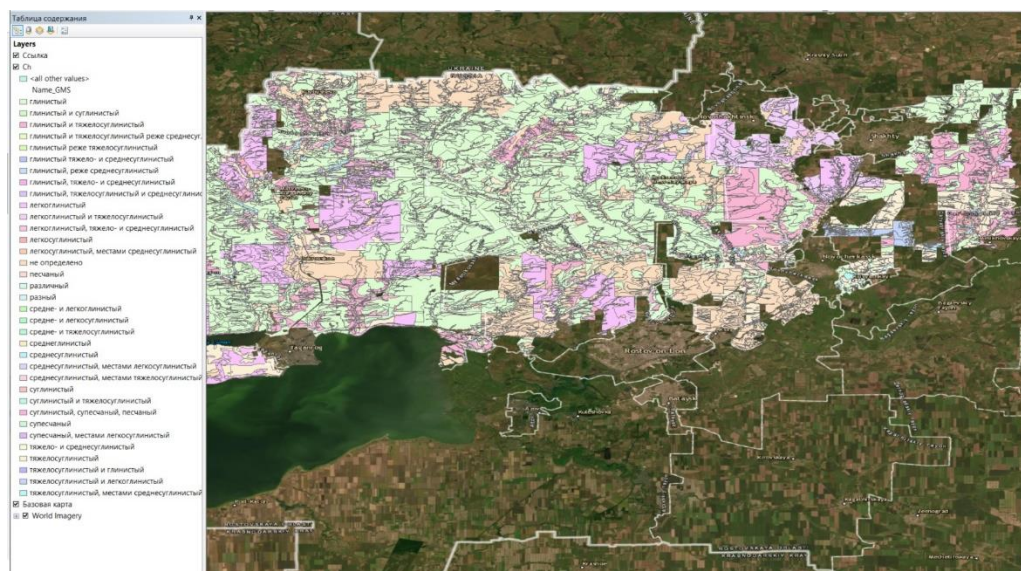


Рисунок 39 – Пример карта-схемы почв по гранулометрическому составу (данные РПДЦ)

Затем составляется выборка (рис. 40) из базы данных почвенных выделов и земельных участков установленного района, которые пересекаются кадастровым участком 61:19:XX00004:XXX. Выполнить пересечение выделенных почвенных

выделов и земельных участков с получением элементарных почвенно-земельных участков (рис. 41)

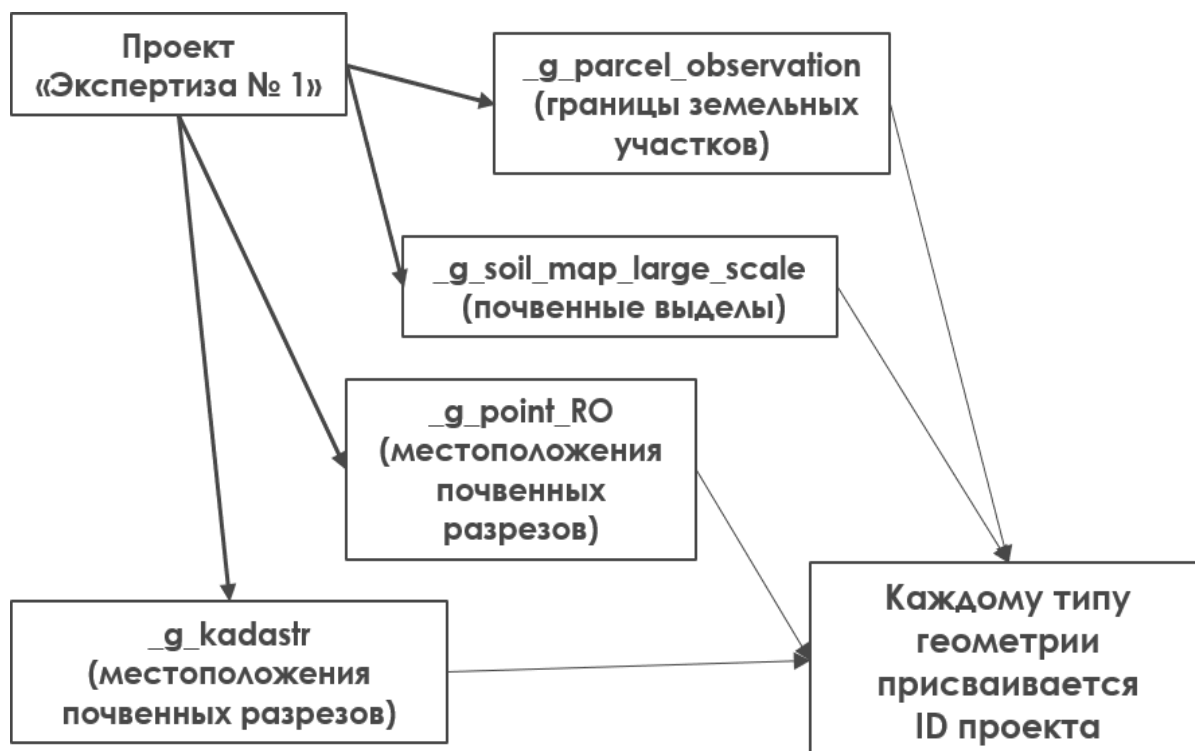


Рисунок 40 – Алгоритм выборки данных почвенных выделов и земельных участков из базы

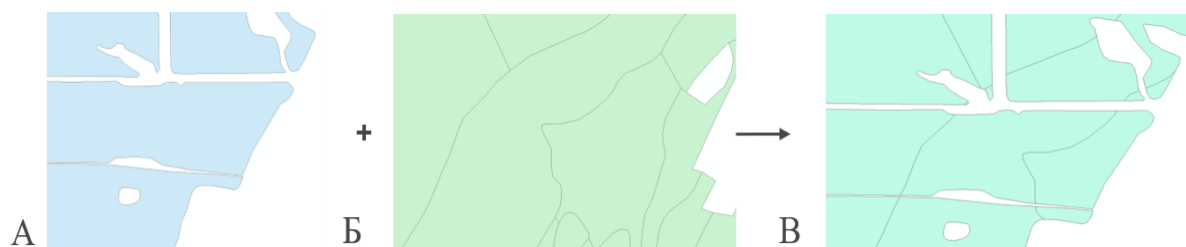
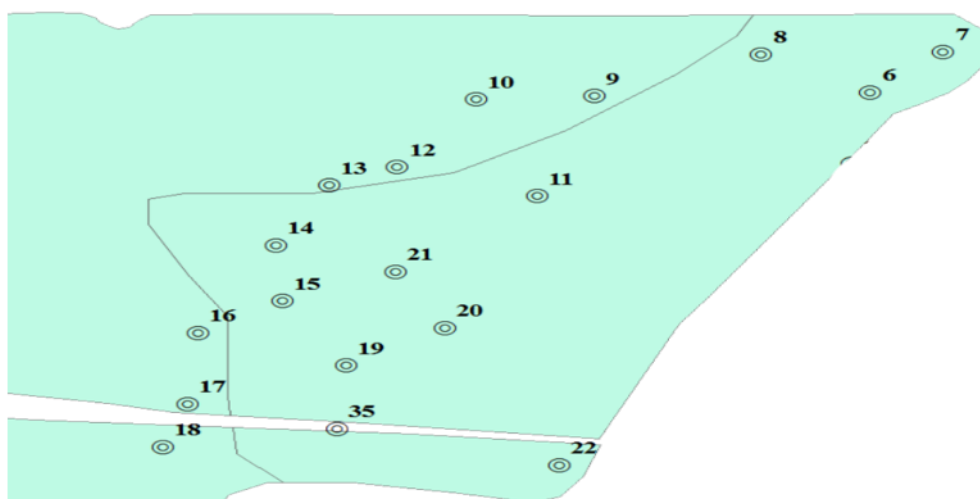


Рисунок 41 – Пример процесса пересечения А – Границы земельных участков, Б – Границы почвенных выделов; В – Элементарные почвенно-земельные участки – результат пересечения для установленного почвенного района

Итогом второго этапа работы является создание проекта с данными, собранными для решения конкретных поставленных вопросов экспертизы. Все эти этапы являются подготовительными, так как осуществляются до начала собственно экспертного осмотра, то есть третьего этапа – Выезда эксперта на осмотр.

Третий этап. Экспертное обследование (места отбора проб и ведомости внесения результатов) (рис. 42)



Parcel_Id	Region	District	Obs_Year	Project_id	N_Field	Содержание гумуса, %	Содержание ф.г. >0,01 мм
131432	61	x	2017	2033	208		
131433	61	x	2017	2033	209		
131434	61	x	2017	2033	210		
131435	61	x	2017	2033	211		

Рисунок 42 – Пример планирования полевого этапа: отмечены точки отбора образцов и составлена предварительная ведомость результатов анализов

Информация, полученная на следующих этапах, также добавляется в проект. Следует отметить, что существенная особенность производства судебно-почвоведческих экспертиз связана с тем, что эксперт не выбирает дату и время производства экспертизы – она назначается судом, а это приводит к тому, что часть признаков может быть недоступна для обследования и тогда выводы эксперта могут быть не полными.

Эксперт лично выезжает на земельный участок, производит осмотр, необходимые измерения, отбор почвенных образцов и любых других, необходимых для решения поставленной задачи.

Четвертый этап. Рассмотрим один из путей решения поставленной задачи с использованием геоинформационных систем – данных РПДЦ, а также базы данных спутниковых снимков, имеющихся в программе, Google Earth. В программе

существует база архивных спутниковых снимков – цифровых фотографий высокого разрешения. Программа позволяет проводить ретроспективный анализ. Для этого были подняты фотографии (рис. 43) до производства работ, затем в процессе производства.



Рисунок 43 – Пример ретроспективного анализа почв (информация в открытом доступе Google Earth)

На рисунках видно расширение площади работ, формирование отвалов и захламление прилегающей территории, т. е. воздействие на почву совершается. На конкретном земельном участке экспертом были отобраны почвенные образцы, для лабораторного определения химических и физических свойств почв.

Задача, ответить на вопросы: снижается ли качество почвы, и происходит ли изменение почвенных свойств (физических и химических). Для того чтобы ответить на эти вопросы обращаемся к первичным данным, и в этом случае нам как раз помогает почвенно-географическая база данных. Определяем типовую,

родовую, видовую принадлежность почвы установленного земельного участка, согласно данным РПДЦ. Проводим сравнительный анализ результатов содержания гранулометрического состава почв установленного участка, согласно архивным оцифрованным и актуальным данным, полученным в ходе лабораторных анализов в процессе производства экспертизы. Выясняем как изменился гранулометрический состав, а следовательно, и свойства почвы вследствие антропогенного воздействия. Как изменилась степень каменистости, произошло ли общее облегчение гранулометрического состава или утяжеление вследствие загрязнения песчаными или же глинистыми/суглинистыми отвалами.

Пятый этап. На основе имеющейся в базе данных информации (архивной и актуальной), формируется сводная таблица о содержании в почве элементарных почвенных частиц с 1972 г. (архивные данные) и на момент исследования, с отображением классификационной принадлежности почвы на установленном участке. Делаем вывод на основе сравнительного анализа – произошла ли деградация почвы вследствие захламления участка отвалами в процессе горнодобывающих работ. Если того требуют задачи экспертизы – даются рекомендации по рекультивации установленного участка.

Анализ судебной практики показывает, что основные аспекты, затрагиваемые в процессе производства экспертиз это:

1. История участка, анализ данных того, что было – архивные карты, ретроспектива спутниковых почвенные снимков, отчеты почвенных исследований.
2. Анализ актуальной информации – условия участка состояние свойств почвы на данный момент.
3. Полевые изыскания и лабораторно-аналитические испытания.
4. Сравнительный анализ полученной информации с данными базы.
5. Построение выводов о наличии или отсутствии изменений.

Таким образом, независимо от поставленных вопросов в процессе производства экспертизы решается главная задача: «Что было и что стало?». Данные РПДЦ позволяют это сделать: изучить историю участка, почвенного

выдела, ландшафта, зафиксировать наличие или отсутствие изменений состава и свойств почвы.

4.5.2.2. Анализ конкретной экспертной задачи

Судебная коллегия (апелляционное определение № 33-3815/2019 Ростовского областного суда от 18.06.2019 г. https://oblsud--ros.sudrf.ru/modules.php?name=sud_delo&srv_num=1&name_op=doc&number=6303809&delo_id=5&new=5&text_number=1#) по гражданским делам Ростовского областного суда рассмотрела в открытом судебном заседании гражданское дело по иску прокурора г. Гуково, действующего в интересах Российской Федерации, к ООО «Механизатор» об обязательности разработать проект рекультивации, провести рекультивацию земельного участка, взыскании вреда, причиненного недрам, вследствие незаконной добычи глины, в размере 15 274 961,84 руб., по апелляционной жалобе ООО «Механизатор» на решение Гуковского городского суда РО от 8 ноября 2018 г.

Из имеющихся в деле материалов, в т.ч. протокола испытаний грунта лаборатории ГУП РО «Октябрьское ДРСУ» от 05.07.2017 г., протокола испытаний ООО «Дорстрой» от 18.07.2017 г. (т.1 л.д. 43-44), положительного заключения Государственной экспертизы от 14.11.2014 г. (стр. 8, 13 т. 3 л.д. 87, 92), пояснительной записки к проектной документации, выполненной ООО «Новый проект» (т. 3 л.д. 26) следует, что грунты в районе строительства автодороги и проведенной ответчиком незаконной добычи общераспространенного полезного ископаемого являются суглинками.

В ходе рассматриваемого гражданского судебного процесса были приняты во внимание материалы следствия по уголовному делу, возбужденному в отношении генерального директора ООО «Механизатор» Ф.И.О. по признакам преступления, предусмотренного ч. 1 ст. 171 УК РФ (незаконную предпринимательскую деятельность), в т.ч. результаты судебно-почвоведческая экспертизы. Следователем перед судебным экспертом был поставлен в том числе вопрос: «Является ли добытое полезное ископаемое суглинком или глиной?»

По результатам проведенного экспертного исследования эксперт делает вывод о том, что добытый ответчиком грунт классифицируется как глина тяжелая или глина средняя.

На основании вывода, сделанного экспертом, следствие изменило степень тяжести инкриминируемого преступления: ООО «Механизатор» произвел незаконную добычу не общераспространенных полезных ископаемых (лессовидных тяжелых суглинков), а особо ценного сырья (тяжелых глин).

Адвокат, в интересах своего подзащитного, обратился в экспертное учреждение с запросом о необходимости проведения исследования (рецензии) заключения по результатам ранее выполненной судебно-почвоведческой экспертизы в рамках уголовного дела. Автор диссертационной работы принимала участие в данном деле в качестве специалиста.

По результатам судебно-почвоведческой экспертизы установлено следующее:

1. Согласно копии Протокола испытаний от 05.07.2017 г., проведенных в лаборатории ГУП РО «Октябрьское ДРСУ», являющегося неотъемлемой частью проектной документации на объект «Строительство дороги III категории, протяженностью 4,5 км к пожарному депо», грунт, используемый для формирования земляного полотна сооружаемой дороги, должен характеризоваться как желто-бурый тяжелый лессовидный суглинок (подтверждается по окраске, наличию карбонатных новообразований, пределам пластичности W_L и W_p , числу пластичности I_p , плотности скелета грунта).

2. Исследование гранулометрического состава при производстве данной судебной экспертизы следовало бы производить по ГОСТ 21536–2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава» (введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г.).

3. С учетом того, что инженерно-геологические изыскания для разработки проекта строительства дороги производились с использованием ареометрического метода, то и для производства судебной экспертизы должен был

применяться также ареометрический метод изучения гранулометрического состава. Данное требование связано с тем, что результаты изучения гранулометрического состава существенно зависят от метода лабораторного исследования.

4. В практике почвенных исследований, в т.ч. массовых обследований, применяется преимущественно метод пипетки (или пипеточный метод), а практике инженерно-геологических изысканий – ареометрический.

5. Экспертом допущена методологическая ошибка, связанная с неприменимостью Классификации почв и почвообразующих пород Н.А. Качинского (1965) для диагностики гранулометрического состава грунтов. Согласно п. 3.6. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация», «глинистый грунт: связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3%) частиц, обладающий свойством пластичности ($I_p \geq 1\%$)).

Согласно данному стандарту, класс и разновидность глинистых грунтов по гранулометрическому составу определяется по пределам пластичности (числу пластичности и показателю текучести), а не только и не столько по результатам фракционного состава механических элементов.

В ходе допроса в суде апелляционной инстанции эксперт Ф.И.О. признал, что отличительной особенностью суглинка, отличающей его от глины тяжелой и средней, является показатель его пластичности I_p , составляющий от 7 до 17, который он не определял, положившись при ответе на вопрос о виде представленного ему на исследование грунта на результаты испытаний, выполненных испытательной лабораторией «Агрохимическая лаборатория», которая число пластичности переданных ей образцов грунта также не определяла (т.3 л.д.177). Кроме того эксперт сообщил судебной коллегии о том, что ему точно не известно, какой именно метод исследования использовала испытательная лаборатория «Агрохимическая лаборатория», давшая заключение о том, что представленный грунт является глиной тяжелой или средней, предположив, что ею использовался «метод пипетки», подтвердил некорректность применения данного метода в целях экспертизы грунтов, используемых для строительства; подтвердил,

что для получения достоверного результата исследования грунта требуется отбор, как правило, пяти образцов, а в проведенном исследовании ему были представлены два образца, что могло повлиять на достоверность полученных результатов; что проведенная им почвоведческая экспертиза не тождественна экспертному исследованию полезных ископаемых, используемых в строительстве, что его никто не предупредил о том, что подготовленное им заключение будет использоваться в целях оценки вида грунтов, использованных при строительстве автодороги, а потому им не учитывались связанные с этим особенности проведения экспертизы.

В целях устранения отмеченных противоречий судебной коллегией были приняты выводы проведенного нами исследования, которые легли в том числе основу оценки решения суда первой инстанции.

Рассмотрев все обстоятельства, судебная коллегия по гражданским делам Ростовского областного суда определила: «Решение Гуковского городского суда РО от 8 ноября 2018 г. отменить; принять новое решение, которым искивые требования прокурора г. Гуково удовлетворить частично.

Взыскать с ООО «Механизатор» в доход федерального бюджета Российской Федерации в счет возмещения вреда 1313802 руб.»

Нами проведена дополнительная серия лабораторных испытаний, результаты которых опубликованы в виде статьи: Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв // Живые и биокосные системы, 2019. № 30, <https://jbks.ru/archive/issue-30/article-6>. (авторы статьи: Шкуропадская К.В., Пшеничная А.А., Болдырева В.Э., Морозов И.В.)

4.5.3. Использование в учебной и научно-исследовательской работе

В учебном процессе, на практике в лаборатории или производственной, при написании курсовых проектов, а также при решении научных задач выполняется анализ массы образцов. Определение гранулометрического состава производится в качестве дополнительного либо основного метода исследования – необходима верификация полученных данных.

Результаты лабораторных испытаний студентов, необходимо проверить, обратиться к авторитетному источнику, что может послужить таким источником? Статья в журнале, монография, учебник, методическое пособие или база данных РПДЦ, или же совокупность имеющихся данных. Для примера, в процессе практических занятий отобрали образцы чернозема обыкновенного карбонатного в Ботаническом саду Южного федерального университета, определяли гранулометрический состав – получили легкий суглинок. Проверить результат возможно повторив эксперимент, использовать другой метод определения гранулометрического состава, например метод скатывания шнура, использовать метод определения гранулометрического состава по числу пластичности, а можно по координатной привязке определить какому почвенному выделу принадлежит разрез и какими свойствами обладает исследуемый участок согласно данным почвенно-географической базы данных.

Верификация результатов актуальна для научно-исследовательских работ, и база данных в перспективе является незаменимым инструментом, для этих целей. (Безуглова и др., 2021b).

Ниже дан пример конкретного применения данных гранулометрического анализа с целью диагностики почв. Общим свойством для черноземов, сформированных на плотных породах, является их достаточно тяжелый гранулометрический состав – тяжелосуглинистый, реже легкоглинистый, и высокая скелетность, особенно нижней части профиля. Более легкий гранулометрический состав присущ черноземам, развивающимся на элювии песчаника. Однако внимательное изучение результатов определения гранулометрического состава позволяет увидеть особенности, обусловленные свойствами почвообразующих пород (Bezuglova et al., 2023).

В отличие от черноземов обыкновенных карбонатных и черноземов южных, развивающихся на суглинках и глинах, черноземы Донецкого кряжа сформированы на маломощном элювии различных плотных пород и, как следствие, отличаются по гранулометрическому составу от зональных черноземов даже при условии принадлежности к одной разновидности. Отличия эти вскрываются при

анализе соотношения ЭПЧ внутри гранулометрического класса. Например, в черноземе, сформированном на лёссовидных суглинках (результаты из Базы данных), преобладающей фракцией является крупная пыль (рис. 44 а), как указывалось выше, это диагностическая фракция для черноземов, формирующихся на лёссах и лёссовидных породах (Болдырева и др., 2022b).

В разрезе, представляющем чернозем карбонатный слабосолонцеватый на элювии сланцев, подстилаемых известняком (рис. 44b), гранулометрический состав облегчается вниз по профилю, от легкой глины в горизонте А с содержанием физической глины 62% до среднего суглинка с содержанием физической глины на уровне 37% в горизонте С. Максимальное количество ила приходится на горизонт АВ, имеющий характерную для солонцеватых почв вертикальную призмовидную структуру. Такой характер гранулометрического профиля обусловлен двучленностью материнских пород и осолонцеванием, вероятно вызванным химическим составом межпластовых вод. Все эти черты гранулометрического профиля чернозема на элювии сланца по генезису, а соответственно и свойствам, отличают эту почву от зонального подтипа чернозема, причем обусловлены они именно различиями в составе и свойствах породы, что удастся уточнить с помощью данных по гранулометрическому составу.

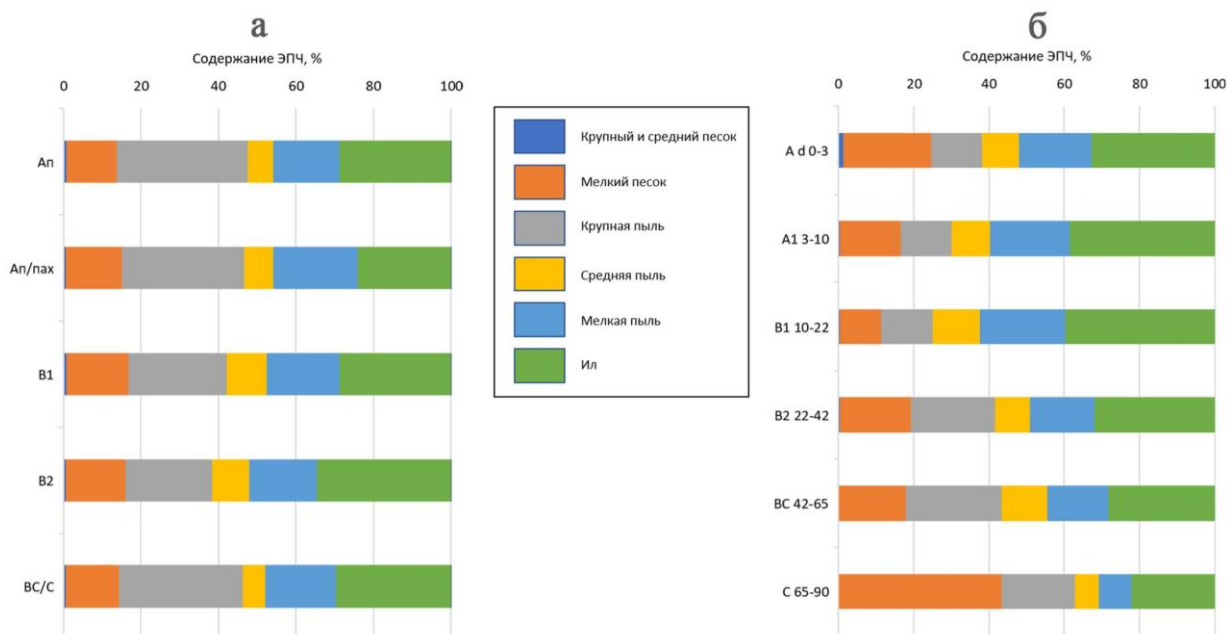


Рисунок 44 – Распределение содержания ЭПЧ в профиле почв: а – чернозем обыкновенный карбонатный среднесиловый тяжелосуглинистый на желто-буром лёссовидном суглинке, Ботанический сад ЮФУ; б – чернозем карбонатный слабосолонцеватый на элювии сланцев, подстилаемых известняками, ООПТ “Черная балка”.

В черноземе на элювии плотных пород существенная доля приходится на фракции мелкого песка и ила: если в черноземах обыкновенных карбонатных фракция мелкого песка в среднем не превышает 10–15%, то в черноземе на элювии сланца содержание мелкого песка равно 25%, увеличиваясь вниз по профилю его содержание достигает в горизонте С 43%. Фракция крупного и среднего песка в этих почвах так же, как и в черноземах обыкновенных карбонатных, находится в минимуме, но в зональной почве количество этих частиц не превышает 0,5%, в то время как в почвах на элювии плотных пород их содержание в среднем составляет 1,2% с максимумом в верхних горизонтах. Общим для почв на плотных породах и черноземов обыкновенных на лёссовидных породах является низкое содержание фракции средней пыли – в пределах 10%.

Таким образом, результаты определения гранулометрического состава черноземов, помещенные в БД, могут при их осреднении служить и для диагностики почв сложного генезиса, когда принадлежность почвы к тому или иному типу вызывает вопросы.

ВЫВОДЫ

1. Результаты определения разновидности черноземов обыкновенных карбонатных по их гранулометрическому составу полевым методом имеют сходимость с пипет-методом в пределах текстурного класса. Метод пипетки при разных способах подготовки к анализу (кислотно-щелочном и пирофосфатном) для верхнего слоя (0–30 см) почв дает результаты, позволяющие определить гранулометрический состав как один текстурный класс.
2. Разработана модификация ареометрического метода (ГОСТ 12536-2014) в части подготовки почвенных образцов к анализу. Для сходимости с результатами пипет-метода в соотношении «почва-пептизатор» предлагается увеличить количество пирофосфата натрия в 12 раз.
3. Инвентаризация разрозненной архивной почвенной информации о гранулометрическом составе почв РО показала, что из 1824 разрезов с информацией о гранулометрическом составе 56% данных представлены черноземами обыкновенными и южными, в соотношении 53,6 и 46,4% соответственно. Описание верхних горизонтов почвенных разрезов в 21,6% случаев не совпадает с данными лабораторного определения, для нижних – 33,7%.
4. Среди чернозёмов обыкновенных РО преобладают тяжелосуглинистая и легкоглинистая разновидности. Наблюдается тенденция к увеличению количества образцов у верхней границы суглинков и нижней границы глин, что вероятно характеризует стремление системы к равновесному (устойчивому) состоянию, когда содержание физической глины составляет 60%.
5. Среднестатистический состав чернозёмов обыкновенных по верхним и нижним горизонтам, как по отдельным почвенным районам, так и по всей РО в целом, характеризуется как легкоглинистый с двумя максимумами во фракциях крупной пыли и ила, со среднестатистическим содержанием физической глины 63% для верхних горизонтов, и 64,6% – для нижних. Среднестатистическое содержание физической глины в верхних горизонтах черноземов для тяжелых суглинков – 55,0%; легких глин – 65,9%; средних глин – 76,2%. Для материнской породы (гор. С) содержание физической глины распределилось следующим

образом для тяжелых суглинков – 56,4%; легких глин – 66,2%; средних глин – 77,1%. Коэффициент вариации для содержания физической глины в горизонте С не превышает 10%.

6. Установлено, что в черноземах обыкновенных карбонатных Северного Приазовья содержание крупно-пылевой фракции составляет $29 \pm 5\%$, а «лёссовой» фракции – $39 \pm 6\%$, за которую нами принята сумма фракций крупной и средней пыли (0,05–0,005 мм), наследуемой от материнских пород.
7. Анализ и обобщение данных с целью получения информации более высокого порядка обеспечивается разработанной системой принципов интерпретации материалов РПДЦ: Логико-терминологический анализ → Контекстность данных → Проверка и подтверждение данных → Полнота информации → Систематизация и обобщение (получение информации более высокого порядка). Исключение какого-либо блока из предлагаемой системы приведет к нарушению логических построений и ошибкам интерпретации полученных результатов.

Список литературы

1. Аветян С. А. Картографическая интерпретация химического и радиационного загрязнения почв России / С. А. Аветян, Н. В. Савицкая, И. Ю. Савин, Е. А. Шишконокова // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2023. – Вып. 114. – С. 29–65. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-114-29-65
2. Алябина И. О. База данных «Цифровая среднемасштабная почвенная карта Московского региона» / И. О. Алябина, В. Э. Болдырева, О. М. Голозубов, Ю. А. Литвинов, Е. Н. Минаева, А. В. Пулин // Свидетельство регистрации № 2020621226 от 15 июля 2020 г.
3. Атлас почв Канады. Министерство сельского хозяйства Канады / Режим доступа: <https://open.canada.ca/data/en/dataset/5ad5e20c-f2bb-497d-a2a2-440eec6e10cd>
4. Атлас почв Минсельхоза США / Режим доступа: URL: <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soil/soil-science>
5. Атлас Ростовской области. – М., 1973. – 32 с.
6. Безуглова О. С. Оценка эрозионной опасности земель сельскохозяйственного назначения с применением ГИС-технологий (на примере Матвеево-Курганского района Ростовской области) / О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, Р. О. Жолудев, Ю. А. Литвинов, А. А. Меженков // Материалы 3-й международной научной конференции «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего» ФГБНУ АФИ – Санкт-Петербург, 2021а – С. 173 – 177.
7. Безуглова О. С. Опыт разработки онлайн курса «ГИС в сельском хозяйстве» на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета / О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, Ю. А. Литвинов, А. А. Меженков // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-

практической конференции – Нижний Новгород, 2021b. – С. 3–7.

8. Безуглова, О.С. Интерпретация результатов гранулометрического анализа почвы в разных школах почвоведения / О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, И. В. Морозов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2022b. – № 2 (214). – С. 36-46. – DOI 10.18522/1026-2237-2022-2-36-46
9. Безуглова О. С. Веб-приложение Виртуальный музей почвоведения им. С. А. Захарова / О. С. Безуглова, О. М. Голозубов, В. Э. Болдырева, Ю. А. Литвинов, А. А. Полещук // Свидетельство регистрации № 23848 от 31 октября 2018 г. – 2018a.
10. Безуглова О. С. Свидетельство о регистрации программного комплекса «Атлас почв Ростовской области v.2.» / О. С. Безуглова, О. М. Голозубов, Ю. А. Литвинов, В. Э. Болдырева, Е. Н. Минаева, А. А. Меженков, А. А. Сухарев №23806 от 9.10.2018 – 2018b.
11. Безуглова О. С. Почвенно-географический крупномасштабный электронный атлас Ростовской области: принципы построения, структура, возможности использования / О. С. Безуглова, О. М. Голозубов, В. С. Крыщенко // Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. – 146 с.
12. Безуглова О. С. Изучение состояния растительного покрова Ростовской области с использованием данных дистанционного зондирования Земли / О. С. Безуглова, А. И. Жумбей, Ю. А. Литвинов, А. А. Меженков, Р. О. Жолудев, Е. В. Кучменко, В. Э. Болдырева // Сборник трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». Ведущая научная школа РФ «Экология почв». – Ростов-на-Дону, 2021с. – 9 – 11 с.
13. Безуглова О. С. Гуминовые препараты и структурное состояние черноземных и каштановых почв Ростовской области: монография / О. С. Безуглова, В. А. Лыхман, Е. А. Полиенко, А. В. Горовцов // Федеральный Ростовский аграрный научный центр – Издательство ООО «АзовПринт», 2020а. – 188 с.
14. Безуглова О. С. «Цифровой реестр почв Ростовской области» / О. С. Безуглова, О. Г. Назаренко, О. М. Голозубов, И. В. Морозов,

- Т. М. Минкина, Е. М. Цвылев, Н. В. Кайдалова, Ю. А. Литвинов, Е. Н. Минаева, В. Э. Болдырева, А. А. Меженков // Свидетельство о регистрации базы данных №24552 от 9.07.2020. – 2020b/
15. Безуглова О. С. Почвенно-экологический мониторинг черноземов обыкновенных Северного Приазовья / О. С. Безуглова, А. К. Шерстнев, А. Л. Золотарев, И. Ю. Морозова, И. В. Морозов // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные Науки. – 2008. – № 5. – С. 83—89.
 16. Безуглова О. С. Почвы Ростовской области / О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. – 352 с.
 17. Берг Л. С. Климат и жизнь / Л. С. Берг – М.: Госиздат, 1922. – 156 с.
 18. Биарсланов А. Б. Об основных принципах применения ГИС в картографии почв / А. Б. Биарсланов, М. З. Залибекова, Д. Б. Асгерова // Труды Института геологии ДНЦ РАН. – 2014. – № 63. – С. 57–62.
 19. Блохин А. Н. Оценка применения метода лазерной дифрактометрии в определении гранулометрического состава почв / А. Н. Блохин, С. П. Кулижский // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 1(5). – С. 37–43.
 20. Болдырева В. Э. Оценка особенностей гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных с использованием Почвенно-географической базы данных России (на примере Ростовской области) / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, Ю. А. Литвинов, А. А. Меженков, И. В. Морозов // Материалы III международной научной конференции «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего» ФГБНУ АФИ – Санкт-Петербург, Россия 14–15 сентября 2021. 2021a. – С. 32–35.
 21. Болдырева В. Э. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Северного Приазовья / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, А. А. Меженков, Ю. А. Литвинов, И. В. Морозов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-практический журнал. – 2022a. - № 1 –

Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_126.pdf. – DOI: <https://doi.org/10.51419/202121126>.

22. Болдырева В. Э. Влияние режима сканирования на результаты определения гранулометрического состава чернозема методом лазерной дифракции / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, И. В. Морозов // Хозирги замон тупрокшунослик ва деҳқончилик муаммолари: Материалы республиканской научной конференции. – Фергана, Узбекистан, 16 октября 2019 г. – 2019а. – С.13—15.
23. Болдырева В. Э. Значение систематизации результатов гранулометрического состава по данным регионального почвенного дата-центра в изучении особенностей черноземов обыкновенных Северного Приазовья / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, И. В. Морозов // АгроЭкоИнфо: – 2022b. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_231.pdf – DOI: 10.21419/202122231
24. Болдырева В. Э. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, И. В. Морозов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019b. – № 1 (33). – С. 184–194.
25. Болдырева, В. Э. Особенности гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных Северного Приазовья / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, И. В. Морозов [и др.] // Живые и биокосные системы. – 2022с. – № 39. – DOI 10.18522/2308-9709-2022-39-3
26. Болдырева В. Э. Создание крупномасштабной цифровой почвенной карты Ростовской области / В. Э. Болдырева, Р. О. Жолудев, Н. В. Кайдалова, Е. Б. Крупенина, Е. В. Кучменко, Ю. А. Литвинов, А. А. Меженков, Е. Н. Минаева // Рациональное землепользование: оптимизация земледелия и растениеводства. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика РАСХН А. П. Щербакова, Курск, 28–30 сентября 2021 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2021b. – С. 50–52. ISBN – 978-5-

907407-49-7

- 27.Болдырева, В. Э. Интерпретация данных гранулометрического состава черноземов по материалам Почвенных дата-центров / В. Э. Болдырева, И. В. Морозов, О. С. Безуглова // АгроЭкоИнфо. – 2022d. – № 2 (50). – DOI 10.51419/202122233. – Режим доступа: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_233.pdf
- 28.Болдырева В. Э. Опыт использования метода лазерной дифракции для определения гранулометрического состава порошковых сред / В. Э. Болдырева, К. В. Шкуропадская, И. В. Морозов // «Живые и биокосные системы». – 2015. – № 12 – Режим доступа: URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-12/article-7>
- 29.Болоха К. А. Разработка метода определения гигроскопической влажности почв как почвенно-гидрологической константы / К. А. Болоха, И. В. Морозов // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Составитель Л. С. Новопольцева. Под редакцией И. С. Белюченко – 2020. – С. 460–462.
- 30.Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- 31.Валеева А. А. Влияние подготовки почв на интерпретацию данных гранулометрического состава почв / А. А. Валеева, Г. Ф. Копосов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2013. – Том 155, кн. 2. – С. 172–181.
- 32.Валеева А. А. Серые лесные почвы Волжско-Камской лесостепи: количественный подход к классификации: дис. ... к.б.н. по спец.: 03.02.13 / А. А. Валеева – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2014, – 136 с.
- 33.Вальков В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков; отв. ред. Ф. Я. Гаврилюк. – Ростов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1977. – 160 с.
- 34.Вальков В. Ф. Почвы Юга России / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников – Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. – 276 с.

35. Вальков В. Ф. Почвы Ростовской области: генезис, география и экология / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников – Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2012. – 316 с.
36. Виленский Д. Г. Основоположники русского почвоведения / Д. Г. Виленский – Москва: Знание, 1958. – 32 с.
37. Воронин А. Д. Основы физики почв. Учебник. / А. Д. Воронин – М.: МГУ, 1986. – 244 с.
38. Гаврилюк Ф. Я. Почвенные районы Нижнего Дона / Ф. Я. Гаврилюк // Почвенное районирование СССР. – МГУ, 1960. – Вып.1. – С. 49–91.
39. Гаврилюк Ф. Я. Почвы районов орошения Ростовской области / Ф. Я. Гаврилюк – Ростов н/Д: Ростиздат, 1951. – 147 с.
40. Гаврилюк Ф. Я. Черноземы Западного Предкавказья / Ф. Я. Гаврилюк – Харьков, 1955. – 146 с.
41. Гаврилюк Ф. Я. Генезис и бонитировка черноземов Нижнего Дона и Северного Кавказа / Ф. Я. Гаврилюк, В. Ф. Вальков, Г. Г. Клименко // Научные основы рационального использования и повышения производительности почв Северного Кавказа. – Ростов-на-Дону, 1983. – С. 10–73.
42. Генетические особенности почв на элювии плотных пород Донецкого кряжа / О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, С. Н. Горбов, Ю. А. Литвинов // Почвоведение. – 2023. – № 10. – С. 1205-1215. Переводная версия: Genetic Features of Soils on Hard Rocks of the Donetsk Ridge / O. S. Bezuglova, V. E. Boldyreva, S. N. Gorbov, Yu. A. Litvinov // Eurasian Soil Science. – 2023. – Vol. 56, No 10. – P. 1371-1380. – DOI 10.1134/S1064229323601415
43. Гильденштедт И. А. Путешествие по Кавказу в 1770–1773 гг. / И. А. Гильденштедт – С.-Пб: Петербургское востоковедение, 2002. – 512 с.
44. Голозубов О. М. Принципы создания почвенно-географического электронного атласа Ростовской области как многофункциональной справочно-аналитической системы: дис. ... к.б.н. по спец. 03.02.13. / О. М. Голозубов. – Ростов-на-Дону, 2013. – 24 с.

45. Голозубов О.М. Векторизация крупномасштабных почвенных карт. Методическое пособие / О. М. Голозубов, Ю. А. Литвинов, В. М. Колесникова – МГУ, Москва – 2020. – 72 с.
46. Голозубов О. М. Технологии и стандарты в информационной системе Почвенно-географической базы данных России / О. М. Голозубов, В. А. Рожков, И. О. Алябина, А. В. Иванов, В.М. Колесникова, С. А. Шоба // Почвоведение. – 2015. – № 1. – с. 3–13 – DOI: 10.7868/S0032180X15010062
47. ГОСТ 12536-2014: Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. <https://docs.cntd.ru/document/1200116022>
48. ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. (утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 12 октября 1979 г. N 189) (ред. от январь 1988).
49. ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация. (утв. и введен Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 31 декабря 1981 г. N2 284)
50. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. Учебник / Е. А. Дмитриев – Издательство МГУ, Москва, 1995 г. – 320 с.
51. Добровольский Г. В. География почв / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 460 с.
52. Докучаев В. В. Доклад Закавказскому статистическому комитету об оценке земель вообще и Закавказья, в особенности: Почвенные горизонтальные и вертикальные зоны / В. В. Докучаев – Тифлис: тип. Канцелярии главноначальника гражданской части на Кавказе, 1899. – 19 с.
53. Докучаев В. В. Русский чернозем / Докучаев В. В. // Избранные сочинения. М., 1945. – Том 1. – С. 328.
54. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с,

- 55.Егоров В. В. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова и др. (сост.) – М.: «Колос», 1977. – 221 с.
- 56.Захаров С. А. Почвы Предкавказья / С. А. Захаров // Почвы СССР. – М.:АН СССР, 1939. – Т.3– С. 297–355.
- 57.Захаров С. А. Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика: в 4-х кн. / С. А. Захаров – Ростов-на-Дону, Ростиздат, 1940.
- 58.Залибеков З. Г. Геоинформационная система – "Почвы Дагестана" / З. Г. Залибеков, М. А. Баламирзоев, С. А. Мамаев, И. А. Идрисов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2012. – № 61. – С. 207–211.
- 59.Залибеков З. Г. О значении Электронной Базы Данных почв Дагестана в рациональном использовании почвенных ресурсов / З. Г. Залибеков, С.А. Мамаев, Э. М. Р. Мирзоев, А. Б. Биарсланов // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2019. – 2 (77). – С. 101–110.
- 60.Зинченко В. Е. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Юга России / В. Е. Зинченко, О. И. Лохманова, В. П. Калининченко, А. И. Глухов, В. И. Повх, Л. А. Шляхова // Исследование Земли из космоса – 2013. – № 3, с. 33–44. DOI: 10.7868/S0205961413030068
- 61.Иванов И. В. История отечественного почвоведения / И. В. Иванов – М.: Наука, 2003. 397 с.
- 62.Ильин Р. С. Происхождение лессов / Р. С. Ильин – М: Наука, 1978. 236 с.
- 63.Кайдалова Н. В. Применение цифровых почвенных карт для задач мониторинга почвенного плодородия сельскохозяйственных земель Ростовской области / Н. В. Кайдалова, А. А. Меженков, Ю. А. Литвинов, Р. О. Жолудев, Е. В. Кучменко // Устойчивое развитие территорий: теория и практика. Материалы II Международной научно-практической конференции. Сибай, Издательство: Сибайский Информационный Центр-Филиал ГУПРБИ – Издательский Дом «Республика Башкортостан», 2021. – С. 107–109.
- 64.Кауричев И. С. Почвоведение. Учебник. / И. С. Кауричев, И. П. Гречин (ред.) – М.: Колос, 1969. – 543 с.,

65. Качинский Н. А. Физика почв. Учебник. / Н. А. Качинский – М.: Высшая школа, 1965. – Ч.1. – 324 с.
66. Каштанов А. Н. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / А. Н. Каштанов – М.: Колос, 1983. – 336 с.
67. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
68. Ковда В. А. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред., В. А. Ковды, Б. Г. Розанова Ч. 1. Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
69. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных этих земель на период до 2020 года. Одобрена распоряжением Правительства информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года. Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2010 г. № 1292-р
70. Коржов С. И. Земледелие Центрального Черноземья: учебник / С. И. Коржов, Т. А. Трофимова – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра Первого, 2016. – 416 с.
71. Крупеников И. А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней) / И. А. Крупеников – М.: Наука, 1981. 327 с.
72. Крыщенко В. С. Очерки развития почвоведения в Ростовском государственном университете. Методические указания для самостоятельной работы студентов по курсу «История и методология почвоведения» / В. С. Крыщенко. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского государственного университета, 1995. – 32 с.
73. Крыщенко В. С. История кафедры почвоведения и агрохимии Ростовского государственного университета: Учебное пособие / В. С. Крыщенко, О. С. Безуглова, О. А. Бирюкова. – Ростов-на-Дону: изд-во ЦВВР, 2007. –

183 с.

74. Крыщенко В. С. Атлас почв Ростовской области / В. С. Крыщенко, О. С. Безуглова, О. М. Голозубов, Ю. А. Литвинов // Электронная Рег. номер 5020150538. Регистрация ФАП №18170 от 27.04.2012 г. – Ростов-на-Дону, 2012.
75. Крыщенко В. С. База данных широкомасштабного почвенно-экологического мониторинга агроландшафтов: реляционный подход / В. С. Крыщенко, О. М. Голозубов, М. М. Овчаренко, В. Н. Темников // Агрохимический вестник. – 2010. – №. 1. – С. 12–16.
76. Крыщенко В. С. Проблемы почвенного мониторинга агроландшафтов: структура и модель данных / В. С. Крыщенко, О. М. Голозубов // Агрохимический вестник. – 2010. – №. 5. – С. 2
77. 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. – С. 415–421.
78. Крыщенко В. С. Матричная закономерность в топографии почв / В. С. Крыщенко, А. П. Самохин – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. – 320 с.
79. Кулижский С. П. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии при определении гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов / С. П. Кулижский, Н. Г. Коронатова, С. Ю. Артымук, Д. А. Соколов, Т. А. Новокрещенных // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2010. – № 4(12). – С. 21–31.
80. Куликова Е. В. Геоинформационные системы в мелиоративном почвоведении / Е. В. Куликова, Ю. А. Куликов // Модели и технологии природообустройств (региональный аспект) – 2018. – № 06. – с. 14–20.
81. Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. / Г. Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

82. Лебедева Н. В. Математические методы в почвоведении. Задачи с методическими указаниями / Н. В. Лебедева, Т. В. Рыбнянец – Ростов-на-Дону: Биос, 2002. – 66 с.
83. Лессовые породы СССР. Т.1. Инженерно-геологические особенности и проблемы рационального использования / под ред. Е. М. Сергеева, А. К. Ларионова, Н. Н. Комиссаровой – М.: Недра, 1986. – 232 с.
84. Литвинов Ю. А. Инвентаризация, гармонизация и анализ разнородных почвенно-географических данных для целей агроэкологического мониторинга (на примере Ростовской области): дис. ... к.б.н. по спец. «Почвоведение». / Ю. А. Литвинов – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2018, – 230 с.
85. Мамонтов В. Г. Химический анализ почв и использование аналитических данных. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов. 2- изд. / В. Г. Мамонтов – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 328 с.
86. Мамонтов В. Г. Особенности вещественного состава гранулометрических фракций чернозема типичного Курской области / В. Г. Мамонтов, А. В. Чинилин, О. Б. Рогова, Е. Б. Варламов, О. В. Рыжков // Современное состояние черноземов: материалы II Международной научной конференции. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2018. – Т. 1. – С. 167–175.
87. Морозов И. В. Классификации элементарных почвенных частиц в разных школах почвоведения / И. В. Морозов, О. С. Безуглова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12-2. – С. 281–285.
88. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. – М.: Колос, 1973 г. – 96 с.
89. Официальный портал Правительства Ростовской области. – Режим доступа: <https://www.donland.ru/activity/193/>
90. Официальный сайт NASA. – Режим доступа: <https://www.nasa.gov>
91. Официальный сайт Информационной системы «Почвенно-географическая база данных России». – Режим доступа: URL:<https://soil-db.ru/> (Дата

обращения 13.01.2022)

- 92.Официальный сайт ФГБУ ГЦАС «Ростовский». – Режим доступа: <https://don-plodorodie.ru/> (Дата обращения 13.01.2022)
- 93.Павлова А. И. Морфометрический анализ рельефа с помощью / А. И. Павлова // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2013. – 4 (3). – С. 1–4.
- 94.Полуэктов Е. В. Потери почвы от эрозии и дефляции в зоне совместного проявления / Е. В. Полуэктов // Почвоведение. – 1995. – № 3. – С. 103–113.
- 95.Полуэктов Е. В. Мониторинг основных свойств чернозёмов обыкновенных Ростовской области / Е. В. Полуэктов, И. А. Петрова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 9 (111) Часть 1. – С. 103–107. doi: 10.23670/IRJ.2021.9.111.017
- 96.Прасолов Л. И. Задачи и методы картографии почв во 2-ю пятилетку / Л. И. Прасолов // Задачи и методы почвенных исследований. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1933. – С. 52–61.
- 97.Прасолов Л. И. О черноземе Приазовских степей / Л. И. Прасолов // Почвоведение. – 1916. – № 1. – С. 23–46.
- 98.Принципы оцифровки и верификации результатов физико-химических анализов в почвенно-географической базе данных / О. С. Безуглова, В. Э. Болдырева, Ю. А. Литвинов [и др.] // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении : Международная научная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны (Барнаул, 16-21 августа 2022 г.) : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2022а. – С. 140-143
- 99.Публичная кадастровая карта России. Росреестр. Кадастровый учет - кадастровая оценка объектов недвижимости. – Режим доступа: URL: <https://pkk5.rosreestr.ru/>
100. Рекомендации и технологии по мелиорации солонцовых почв Ростовской области в условиях орошения. – Новочеркасск: издательство Южного научно-исследовательского института, 1986. – 45 с.
101. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде – Л.:

Гидрометеиздат, 1965. – 663 с.

102. Рожков В. А. Опыт разработки национальной системы оценки пригодности земель / В. А. Рожков // Бюллетень почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2014. – Вып. 76. – С. 33–50.
103. Розенберг И. Н. Когнитивная и пространственная логика в ситуационных центрах / И. Н. Розенберг, В. Я. Цветков // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – № 2 (10). – С. 3–16.
104. Руководство по составлению почвенно-мелиоративного обоснования проектов мелиоративного строительства и специальных карт. – М.: ГИПРОВОДХОЗ. 1973. – 106 с.
105. Савин И. Ю. Анализ почвенных ресурсов на основе геоинформационных технологий: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. / И. Ю. Савин – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2004. – 47 с.
106. Савин И. Ю. Компьютерная инвентаризация почвенного покрова / И. Ю. Савин // Почвоведение. – 1999. – № 7. – С. 899–904.
107. Садименко П. А. Почвы юго-восточных районов Ростовской области / П. А. Садименко. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, – 1966. – 127 с.
108. Самсонова В. П. Часто встречающиеся неточности и ошибки применения статистических методов в почвоведении / В. П. Самсонова, Ю. Л. Мешалкина // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева, 2020. – Вып. 102. – С. 164-182. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-164-182
109. Сергеев Е. М. Генезис лессов в связи с их инженерно-геологическими особенностями / Е. М. Сергеев // / Е. М. Сергеев // Вестник МГУ, серия геологическая – 1976. – №–№ 5. – С. 3–15.
110. Столбовой В. С. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России как модель пространственной организации почвенного покрова / В. С. Столбовой, Э. Н. Молчанов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – (5)). – С. 135–143. <https://doi.org/10.15356/0373->

2444-2015-5-135-143

111. Строганова М. Н. Электронное учебное пособие по почвам мира / М. Н. Строганова – М.: МГУ, 2008.
112. Ткаченко Д. С. Народы Северного Кавказа в историко-литературных и картографических описаниях конца XVIII – первой половины XIX вв. / Д. С. Ткаченко // Гуманитарные и юридические исследования. – Ставрополь, 2014. – 99–105 с.–С. 99–105.
113. Указания по разработке проектов организации территории и освоения солонцовых земель при внутрихозяйственном землеустройстве. – М.: Колос, 1975. – 63 с.
114. Умарова А. Б. Практикум по физике почв. Рабочая тетрадь: учебное пособие / А. Б. Умарова, Е. Ю. Милановский, А. А. Кокорева – 5-е изд. перераб. И доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019. – 68 с.
115. Федеральный закон от 16 июля 1998 г. N 101-ФЗ "О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения" (с изменениями и дополнениями). – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12112328/>
116. Федотов Г. Н. Физико-химические основы различий седиментометрического и лазерно-дифракционного методов определения гранулометрического состава почв / Г. Н. Федотов, Е. В. Шеин, В. И. Путляев, Т. А. Архангельская, А. В. Елисеев, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. 2007. – № 3. – С. 310–317.
117. Фильков В. А. Эрозионные районы Ростовской области / В. А. Фильков // Ученые записки Ростовского университета. – 1956. – Т.26, Вып.4. – С. 59–68.
118. Хазарьян В. Э. Использование метода лазерной дифракции для определения дисперсности почв и грунтов в криминалистике / В. Э. Хазарьян // Материалы докл. VI съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и

- использования» Петрозаводск – Москва, 13-18 августа 2012 г. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. – Кн. 2. – С. 74–76.
119. Хазарьян, В. Э. Сравнительный анализ методов пипетки и лазерной дифракции / В. Э. Хазарьян // Ломоносов-2013: XX Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Почвоведение», г. Москва, 8–12 апр. 2013 г. – МГУ им. М. В. Ломоносова, фак. почвоведения. – М.: МАКС Пресс, 2013. – С. 218–219.
 120. Чернова О. В. Современное состояние гумусированности пахотных черноземов настоящих степей (на примере Ростовской области) / О. В. Чернова, И. О. Алябина, О. С. Безуглова, Ю. А. Литвинов // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т. 15. N 4. – С. 99–113. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-99-113
 121. Чинилин А. В. Возможности дистанционного детектирования характера почвообразующих пород черноземных почв по цветовым характеристикам их поверхности / А. В. Чинилин // Материалы докладов Первой открытой конференции молодых ученых «Почвоведение: горизонты будущего» к 90-летию института. – М: Изд-во Почвенного института имени В.В. Докучаева, 2017. – С. 276–282.
 122. Чинилин А.В. Цифровое картографирование черноземных почв на двучленных отложениях (на примере ключевого участка в Воронежской области): Автореф. дис. ... к.б.н. / А. В. Чинилин – М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. – 23 с.
 123. Шамрай И. А., Минералогический состав лессовидных пород Нижнего Дона и Северного Предкавказья как показатель их эолового происхождения / И. А. Шамрай // Уч. Зап. РГУ –1955. – т. 33, вып. 6. – С. 101–112.
 124. Шамрай И. А. Минералогические и структурно-петрографические типы и провинции лёссовидных пород Нижнего Дона, Южных Ергеней и Северного Предкавказья / И. А. Шамрай, П. П. Кохановский, С. Н. Коятелова // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, 1965. – № 30. –

210 с.

125. Шамрай И. А. Минералогические критерии для стратиграфического выделения четвертичных отложений на юге Европейской части СССР / И. А. Шамрай, С. Я. Орехов // Уч. Зап. РГУ –1956, – т. 34, вып. 7, – С. 65–75.
126. Шеин Е. В. Гранулометрический состав почв: методы лазерной дифракции и седиментометрии, их сравнение и использование / Е. В. Шеин., А. Й. Мадн //Агрохимический вестник. – 2018. – № 1. – С. 9–11.
127. Шеин Е. В. Гранулометрический состав: роль органического вещества в различиях данных седиментометрического и лазерно-дифрактометрического методов / Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский, А. З. Молов // Доклады по экологическому почвоведению. – 2006. – Вып. 1. – № 1. – С. 17–29.
128. Шеуджен З. Р. Актуализация агроэкологической оценки почв Азово-Кубанской низменности с применением ГИС технологий: автореф. канд. дисс. / З. Р. Шеуджен. – Краснодар, 2019. – 24 с.
129. Шинкарев А. А. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифракции в анализе гранулометрического состава глинистой фракции почв / А. А. Шинкарев, А. Г. Корнилова, Ф. А. Трофимова, А. С. Гордеев, К. Г. Гиниятуллин, Т. З. Лыгина // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – Т. 152, № 2. – С. 251–260.
130. Шкуропадская К. В. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв / К. В. Шкуропадская, А. А. Пшеничная, В. Э. Болдырева, И. В. Морозов // Живые и биокосные системы. – 2019. – № 30. <https://jbks.ru/archive/issue-30/article-6>.
131. Шоба С. А. К вопросу создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси / С. А. Шоба, И. О. Алябина, А. В. Иванов, В. М. Колесникова, П. В. Красильников, И. С. Урусевская, В. В. Медведев, Т. Н. Лактионова, О. Н. Бигун, С. Г. Накисько, С. Н. Шейко, К. В. Савченко, Г. С. Цытрон, Д. В. Матыченков, С. В. Шульгина, В. А. Калюк, Л. И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – Минск: Институт почвоведения и

агрохимии, 2012. – №1 (48). – С. 18 – 23.

132. Юдина А. В. Пути создания классификации почв по гранулометрическому составу на основе метода лазерной дифракции / А. В. Юдина, Д. С. Фомин, И. А. Валдес-Коровкин, Н. А. Чурилин, М. С. Александрова, Ю. А. Головлева, Н. В. Филиппов, И. В. Ковда, А. А. Дымов, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. – 2020. – № 11. – С. 1353–1371. DOI: 10.31857/S0032180X20110143
133. Analysette 22 NanoTec. Руководство пользователя – 2018.– Режим доступа: <https://fritsch-international.com/particle-sizing/static-light-scattering/details/product/laser-particle-sizer-analysette-22-nanotec-measuring-unit/downloads/>
134. Angelini M. E. Structural Equation Modelling for Digital Soil Mapping. Ph.D. thesis / M. E. Angelini – Wageningen University & Research, Wageningen, NL., 2018. DOI <https://doi.org/10.18174/430659>
135. Atlas of Australian Soils // URL: <http://data.gov.au/dataset/atlasofaustralian-soils/>
136. Bezuglova O. S. Interpretation of the results of particle-size distribution determination using various soil texture classifications / O. S. Bezuglova, V. E. Boldyreva, Minaeva E. N., Morozov I. V. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021a. – Vol. 862. – 012018. – pp. 1-7.
137. Bezuglova O. S. Origin of the gypsum-bearing horizon of Calcic Chernozems in the South of Russia / O. S. Bezuglova, E. N. Minaeva, I. V. Morozov, S. S. Mandzhieva, V. D. Rajput, V. E. Boldyreva // Ecology, Environment and Conservation. – 2021b. – 27 (1). – pp. 514-520. http://www.envirobiotechjournals.com/issue_articles.php?iid=327&jid=3.
138. Boldyreva V. E. Details of particle-size distribution of Calcic Chernozem by the Regional Soil-Geographic database (on the example of the Rostov region) / V. E. Boldyreva, A. A. Mezhenkov, Yu. A. Litvinov, O. S. Bezuglova, I. V. Morozov // International Soil Science Symposium on “SOIL SCIENCE & PLANT NUTRITION” 18 – 19 December 2021 – Samsun, Turkey, 2021.

139. Bui E. N. Data-driven critical zone science: A new paradigm / E. N. Bui // *Science of the Total Environment* – 2016. – 568. – pp. 587–593.
140. Buurman P. Laser grain-size determination in soil genetic studies. 1. Practical problems / P. Buurman, Th. Pape, C. C. Muggler // *Soil Sci.* – 1997. – Vol. 162. – pp. 211–218.
141. Calude C. S. The deluge of spurious correlations in big data / C. S., G. Longo // *Foundations of Science* // 2017. – 22. – pp. 595–612.
142. Environmental Geochemical Atlas of Central and Eastern England. Advanced soil geochemical atlas of England and Wales. Почвенный атлас Великобритании //URL: <http://www.bgs.ac.uk/nercsoilportal/maps.html>
143. Fisher P. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis / P. Fisher, C. Aumann, K. Chia, N. O'Halloran, S. Chandra // *PLoS ONE* – 2017. – №12, – e0176510.
144. Glossary of Soil Science Terms of SSSA, 1987. URL: <http://www.soils.org/sssagloss/>
145. Harden J. W. Networking our science to characterize the state, vulnerabilities, and management opportunities of soil organic matter / G. Hugelius, A. Ahlström, J. C. Blankinship, B. Bond-Lamberty, C. R. Lawrence, J. Loisel, A. Malhotra, R. B. Jackson, S. Ogle et al. // *Global Change Biology*. – 2018. – 24. – pp. 705–718.
146. Hartemink A. E. The use of soil classification in journal papers between 1975 and 2014 / A. E. Hartemink // *Geoderma Regional*. – 2015 – 5. – pp. 127–139.
147. Hempel C. G. Aspects of Scientific Explanation / C. G. Hempel – Free Press New York, USA, 1965 – 505 pp. DOI 10.1086/288305
148. Heuvelink G. B. M. Towards a soil information system for uncertain soil data / G. B. M. Heuvelink, J. D. Brown // *In Developments in Soil Science*. – Elsevier, Amsterdam, NL – 2006. – vol. 31 – pp. 97–106.
149. Isbell R. F. A brief history of national soil classification in Australia since the 1920s. / R. F. Isbell // *Soil Research*. // 1992. – 30. – pp. 825–842.
150. ISO 11277:2009 Soil quality – Determination of particle size distribution in

- mineral soil material. Method by sieving and sedimentation. URL: <https://www.iso.org/standard/54151.html>
151. ISO 13320-1:1999 Particle size analysis — Laser diffraction methods — Part 1: General principles URL: <https://www.iso.org/ru/standard/21706.html>
 152. IUSS Working Group WRB: World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106, FAO, Rome 2015. – 203 p
 153. Jenny H. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology / H. Jenny – McGrawHill, New York, USA, 1941. – 281 p
<https://doi.org/10.2134/agronj1941.00021962003300090016x>
 154. Jenny H. Functional relationships between soil properties and rainfall / H. Jenny, C. D. Leonard // Soil Science – 1934. – 38. – pp. 363–382.
 155. Kelling S. Data-intensive science: a new paradigm for biodiversity studies / S. Kelling, W. M. Hochachka, D. Fink, M. Riedewald, R. Caruana, G. Ballard, G. Hooker // BioScience. – 2009. – 59 – pp. 613–620.
 156. Konert M. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction / M. Konert, J. Vandenberghe // Sedi-mentol. – 1997. – Vol. 44. – pp. 523–535.
 157. Kowalenko C. G. Inherent factors limiting the use of laser diffraction for determining particle size distributions of soil and related samples / C. G. Kowalenko, D. Babuin // Geoderma. – 2013. – № 193–194. – pp. 22–28.
 158. Krasilnikov P. Handbook of Soil Terminology, Correlation and Classification / P. Krasilnikov, J. J. Ibanez Marti, R. Arnold, S. A. Shoba. – Routledge, London, UK, 2009. – 448 p.
 159. Leenaars J. G. B. Africa Soil Profiles Database, Version 1.1. A Compilation of Georeferenced and Standardised Legacy Soil Profile Data for Sub-Saharan Africa (With Dataset) / J. G. B. Leenaars // Tech. rep., Africa Soil Information Service (AfSIS), ISRIC-World Soil Information, NL. – 2013. – 160 p.
 160. Mako A. Pedotransfer functions for converting laser diffraction particle-size data to conventional values / A. Mako, G. Toth, M. Weynants, K. Rajkai, T. Hermann, B. Toth // European Journal of Soil Science. – 2017. – Vol. 68. – pp. 769–782.

161. Malone B. Updating the Australian digital soil texture mapping (Part 1*): re-calibration of field soil texture class centroids and description of a field soil texture conversion algorithm / B. Malone, R. Searle // *Soil Research*. – 202. – 59. – pp. 419–434. <https://doi.org/10.1071/SR20283>
162. Malone B. Updating the Australian digital soil texture mapping (Part 2*): spatial modelling of merged field and lab measurements / B. Malone, R. Searle // *Soil Research*. – 202. – 59. – pp. 435–451. <https://doi.org/10.1071/SR20284>
163. McDonald P. *The Literature of Soil Science* / P. McDonald – Cornell University Press, Cornell, USA, 1994. – 472 p.
164. Minasny B. Jenny, PCA and random forests / B. Minasny, A. McBratney // *Pedometron*. – 2013. – 33. – pp. 10–13.
165. Morozov I. V. Classification of primary soil particles from different schools of the soil science / I. V. Morozov, O. S. Bezuglova // *Fundamental research*. – 2011. – № 12 (part 2) – pp. 281–285.
166. Oreskes N. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences / N. Oreskes, K. Shrader-Frechette, K. Belitz // *Science*. – 1994. – 263. – pp. 641–646.
167. Polakowski C. Particle Size Distribution of Various Soil Materials Measured by Laser Diffraction – The Problem of Reproducibility / C. Polakowski, M. Ryzak, A. Sochań, M. Beczek, R. Mazur, A. Bieganski // *Minerals*. – 2021. – 11. – 465 p.
168. Ryzak M. Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser-diffraction method / M. Ryzak, A. Bieganski // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2011. – № 174. – pp. 624–633.
169. Shoba S. Soil Degradation Challenge in Arid Areas: The Role of Soil Databases and Soil Information Tools / S. Shoba, P. Krasilnikov, A. Makeev, A. Ivanov, V. Kolesnikova, I. Alyabina // *The International Soil Science Congress on “Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management”* 15-17 May 2012, Çeşme-İzmir-TURKEY. – 2012. – V. I, – pp. 16-21.
170. Soil Survey Division Staff *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture, 2017. Issued March. 120 p.

171. SoilMap Version 2. Атлас почв штата Пенсильвания, Университет штата, США. // URL: [http: www. soilmap.psu.edu/](http://www.soilmap.psu.edu/)
172. Wadoux AMJ-C. Perspectives on data-driven soil research / AMJ-C. Wadoux, M. Román-Dobarco, A.B. McBratney // European Journal of Soil Science. –2021. – Vol. 72. – pp. 1675–1689. <https://doi.org/10.1111/ejss.13071>
173. Webster R. Regression and functional relations / R. Webster // European Journal of Soil Science. – 1997. –48. – pp. 557–566.
174. Yaalon D. Conceptual models in pedogenesis: can soil-forming functions be solved? / D. Yaalon // Geoderma. – 1975. – 14. – pp. 189–205.
175. Yang X. Determination of Soil Texture by Laser Diffraction Method / X. Yang, Q. Zhang, X. Li, X. Jia, X. Wei, M.A. Shao // Soil Science Society of America Journal. – 2015. – 6: V. 79. – pp. 1556-1566. [10.2136/sssaj2015.04.0164](https://doi.org/10.2136/sssaj2015.04.0164).

Список сокращений

БД	–	база данных
ГВ	–	гигроскопическая влага
ГИС	–	геоинформационные системы
ГМС	–	гранулометрический состав
ЛД	–	лазерная дифракция
ООПТ	–	особо охраняемая природная территория
ПГБД	–	Почвенно-географическая база данных
РО	–	Ростовская область
РПДЦ	–	Региональный почвенный дата-центр
ФГБУ	–	Федеральное государственное бюджетное учреждение
ГЦАС		государственный центр агрохимической службы
ЭПЧ	–	элементарные почвенные частицы