

Болдырева В.Э., Морозов И.В., Безуглова О.С. Интерпретация данных гранулометрического  
состава черноземов по материалам почвенных дата-центров

.....  
**Электронный научно-производственный журнал**  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

УДК 631.435: 004.658.2

## **Интерпретация данных гранулометрического состава черноземов по материалам почвенных дата-центров**

*Болдырева В.Э., Морозов И.В., Безуглова О.С.*

*Южный федеральный университет*

### **Аннотация**

*На примере интерпретации данных гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных почвенных дата-центров Ростовской области предложена система принципов для работы с большими массивами данных: Логико-терминологический анализ → Контекстность данных → Проверка и подтверждение данных → Полнота информации → Систематизация и обобщение (получение информации более высокого порядка).*

*Каждый из этих принципов в том или ином виде, не обязательно под этими названиями, применялся и применяется в научных исследованиях, в том числе по почвоведению. Мы предлагаем применять их в виде иерархической системы при работе с материалами дата-центров в обязательном порядке.*

**Ключевые слова:** ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ, БАЗЫ ДАННЫХ, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ПРИНЦИПЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

---

### **Введение**

Тенденции к переходу на цифровые технологии, создание репозиториев данных, большие объемы и применение искусственного интеллекта для их обработки обуславливают актуальность выработки системы принципов интерпретации данных региональных дата-центров. 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, накопленных в базах региональных почвенных дата-центров.

В последнее время большое внимание уделяется исследованиям с большими объемами данных [1–3]. При накоплении разнородных данных о почве, в нашем конкретном случае о гранулометрическом составе, нецелесообразно напрямую приступать к их использованию и анализу, построению гипотез и нахождению новых взаимосвязей между свойствами почвы. Необходимо на предварительных этапах исследования провести работу по инвентаризации, верификации, валидации данных, так как без грамотного подхода, подкрепленного уверенностью в полноте и достоверности данных, их большое количество может привести к ошибкам и получению непригодного к работе массива выборок.

Для того чтобы использовать данные регионального почвенного дата-центра 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.

**Цель работы** – обсуждение системы принципов интерпретации данных гранулометрического состава в почвоведении и иллюстрация на некоторых примерах их применения.

#### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследований является большой массив данных о гранулометрическом составе почв Ростовской области, накопленный к настоящему времени из многочисленных разновременных источников информации, собранных в единую региональную базу данных состава и свойств почв, входящую в Почвенно-географическую базу данных России (ИС ПГБД РФ). В основе работы по гармонизации и структурированию лежит системный подход, статистическая обработка и метод экспертной оценки.

Пространственно-статистический анализ результатов гранулометрического состава, оценки их качества и дальнейшей возможности использования в мониторинговых исследованиях данных гранулометрического состава выполнен с использованием отчетов почвенных обследований хозяйств за 1977–1995 гг. Использовали также почвенные карты (М: 1:10000 – 1:25000) хозяйств области за период 1955–1995 гг., отражающие 73 % территории Ростовской области.

Влияние способа подготовки почвенных образцов и количественного учета фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) на результаты гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного изучали с применением полевого, классического пипет-метода [4] с кислотнo-щелочной и с пирoфосфатной (модификация Долгова-Личмановой) подготовкой к анализу, а также ареометрического метода [5] и метода лазерной дифракции (ЛД) [6].

### Результаты и обсуждение

Результаты определения гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного с использованием различных методов учета количества элементарных почвенных частиц и способов подготовки к анализу приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение результатов определения гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного с различными подготовками и методами учета частиц

Метод подготовки	Метод учета частиц	Содержание ФГ* (< 0.01), %		Гранулометрический состав (классификация)
		Абсол.	Относ.	
Смачивание водой	Полевое определение метод шнура	Кольцо с трещинами 45–60	±15	Тяжелый суглинок [7]
Пирoфосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) – принят за контрольный	Метод пипетки	52,56	0	Тяжелый суглинок [4]
Кислотнo-щелочной (метод Н.А. Качинского)		55,34	+5,15	Тяжелый суглинок [4]
Подготовка по ГОСТ 12536-2014		Ареометрический метод	31,7	-39,77
Подготовка по ГОСТ 12536-2014 с увеличением кол-ва пипетзатора до 60 мл	49,2		-6,52	Тяжелый суглинок [4]
Подготовка по ISO 11277:2009	28		-46,8	Легкий суглинок [4] Пылеватый суглинок [8]
Сухой образец, просеянный через сито 1 мм + обработка ультразвуком	Метод лазерной дифракции ISO 13320-1:1999	48,36	-8,12	Тяжелый суглинок [8]
Пирoфосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79)		61,6	+17,04	Глина легкая [4] Глинисто-пылеватый суглинок [8]

Примечания: \*ФГ – физическая глина

В качестве контрольного нами был использован метод пипетки с пирофосфатным способом подготовки. Результаты показали, что полевой и пирофосфатный методы дают сходные результаты при идентификации разновидности почвы, которые соотносятся с литературными данными относительно выбранного образца, почвы и места отбора. Наилучшую сходимость результатов с контрольным показали метод пипетки с кислотно-щелочной подготовкой и ареометрический, но последний – при условии модификации способа подготовки.

Результаты этого исследования убедили, что использовать в статистических исследованиях данные регионального дата-центра по гранулометрическому составу почв, выполненные методом пипетки, но с различными способами подготовки правомерно.

Принципы, лежащие в основе работы с базами данных, и их применение на примере базы данных гранулометрического состава черноземов Ростовской области изложены ниже.

#### I 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) (табл. 2).

Таблица 2. Пример применения логико-терминологического анализа

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	Пипет-метод с пирофосфатной подготовкой образцов к анализу (модификация Долгова-Личмановой)
Результат	61% физической глины
Классификация	Легкоглинистая разновидность почвы по классификации Н. А. Качинского

В настоящее время сложилась такая ситуация, когда классификация, разработанная Н.А. Качинским [4] конкретно для его метода определения гранулометрического состава, используется и в интерпретации результатов, полученных другими методами. Однако систематизировать результаты, полученные методами, основанными на разных физических принципах, так же, как и сравнивать их между собой без применения специальных

корреляционных шкал, некорректно. Логико-терминологический анализ позволяет определять границы исследуемого объекта, а также наиболее характерные признаки, которые выделяют его из совокупности ему подобных [9]. Пример с использованием этого принципа для анализа результатов, изложенных в табл. 1, демонстрирует разницу в результатах определения гранулометрического состава (ГМС) различными методами, применение логико-терминологического анализа позволяет выявить эти несоответствия (рис. 1).



Рис. 1. Пример применения принципа логико-терминологического анализа к данным гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного (0–30 см), полученным разными методами

Работа с базами данных (БД) требует четкого понимания по каким стандартам будет происходить определение пригодности тех или иных данных. Если, например, указывается гранулометрический состав по стандартной гостированной методике, значит обязательно необходимо занесение данных и по гигроскопической влажности, которая используется при вычислении, и другие нюансы метода, результаты которого планируются для внесения и дальнейшего их использования. Отсюда можно вывести второй принцип.

## II принцип: Контекстность данных

Данные всегда необходимо рассматривать в контексте обстоятельств места, времени, и действия их получения. В нашем конкретном случае данные по

гранулометрическому составу черноземов были собраны 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 [3, 10].

Принцип контекстности обязывает учитывать, где, когда, кем и как были получены данные (рис. 2).



Рис. 2. Составляющие контекста данных

Конкретно наши исследования базировались на материалы почвенных обследований ЮжНИИГИПРОЗЕМА (почвенные карты и очерки) – М 1:25000, отдельные хозяйства – 1:10000, районы – М 1:100000. Всего свыше 600 почвенных карт и очерков по 43 районам области.

### III принцип: Возможность проверки и подтверждения данных

Данные гранулометрического состава могут быть внесены в двух видах: как морфологическое описание – название почвенной разновидности, и в виде количественного содержания почвенных фракций с подсчетом количества физической глины. Первые и вторые должны дополнять друг друга и перекрестно верифицироваться. Ошибочные данные могут впоследствии привести к ошибкам и неправильной их интерпретации (табл. 3). В этом примере в 21 разрезе результаты морфологического описания не совпадают с лабораторными данными, а это 12% от общего объема материалов.

Таблица 3. Пример несовпадения данных гранулометрического состава, выявленный в ходе проверки

Гранулометрический состав по БД (морфологическое описание)	Класс, в который входят образцы по значению ФГ %	Количество разрезов	Соответствие определения по морфологическому описанию ГМС аналитическим данным	Среднее значение физ. глины, %
глинистый	45–60	21	нет	55,4
глинистый	60	8	да	60
глинистый	60–75	146	да	66,7

#### IV принцип: Полнота данных

Использование данных гранулометрического состава для диагностики в региональном почвенном дата-центре невозможно без полноты сопутствующей информации, без пространственной идентификации данных, как например, координатной привязки, указания года обследования и принадлежности к тому или иному почвенному району. Важно понимать, как можно исправить неполноту информации, а какие записи подлежат удалению из объема данных для аналитической работы, чтобы провести качественное диагностирование и получить достоверные результаты для решения экспертных задач.

Поэтому так важно использовать все возможные источники сбора данных наблюдений, но при этом применять к ним совокупность вышеописанных принципов. Обычно это указание глубины отбора образца или/и почвенного горизонта, а также контекстные данные – место отбора, описание метода лабораторного анализа. Полнота этих данных помогает оценить информацию, а также сделать первичную интерпретацию и учесть возможную предвзятость, которая могла произойти во время сбора или накопления данных и может сыграть решающую роль при анализе проблем и путей их решения [11].

#### V 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 региональных почвенных дата-центров. И такие работы выполнялись в ходе изучения проблем деградации почв [12], состояния гумуса пахотных земель [13], оценки эрозионной опасности [14], исследования

происхождения гипсоносных горизонтов черноземов обыкновенных [15], или совместно с данными дистанционного зондирования земли для изучения состояния почвенного и растительного покровов [16, 17].

Подобные принципы и рекомендации по работе с массивами данных дают возможность составить полную картину о способе их получения, а также возможно 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 профилей почв Африки и Международная база данных накопленного углерода в почве (цит. по Wadoux, 2021), имеют строгие процедуры контроля качества и политики в отношении происхождения и обмена 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. Системный подход к анализу материалов БД позволяет проводить исследования по поиску взаимосвязей и корреляций, создавать новые гипотезы и анализировать установленные.

### **Выводы**

1. Логико-терминологический анализ, основанный на описании предмета исследования системой терминов и понятий, позволяет определять границы исследуемого объекта, а также наиболее характерные признаки, выделяющие его из совокупности ему подобных.

2. Принцип контекстности диктуется необходимостью учета обстоятельств места, времени, и действия при получении данных, составляющих информационный банк данных.

3. Принцип проверки и подтверждения данных реализуется в ходе их инвентаризации, верификации и валидации, как на этапе формирования базы данных, так и



при их использовании в конкретных целях.

4. Осуществление принципа полноты данных предполагает учет всех возможных источников информации и перекрестную верификацию материалов.

5. Систематизация и обобщение большого объема первичных данных помогает выйти на новый уровень познания, в том числе извлечения скрытого знания.

#### Список использованных источников:

1. Bui E.N. Data-driven critical zone science: A new paradigm // Science of the Total Environment. – 2016. – 568. - P. 587–593.

2. Budiman Minasny & Alex. McBratney. Jenny, PCA and Random Forests // Pedometron. - 2013. - 33. - P. 10–13.

3. Wadoux AMJ-C., Román-Dobarco M., McBratney A.B. Perspectives on data-driven soil research // European Journal of Soil Science. - 2021. - Vol. 72. – P. 1675–1689; DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.13071>.

4. Качинский Н.А. Физика почв. Ч.1. - М.: Высшая школа, 1965. – 324 с.

5. ГОСТ 12536-2014: Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200116022>.

6. ISO 13320-1:1999 Particle size analysis — Laser diffraction methods — Part 1: General principles. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/21706.html>.

7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

8. ISO 11277:2009 Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/54151.html>

9. Морозов И.В., Безуглова О.С. Классификации элементарных почвенных частиц в разных школах почвоведения // Фундаментальные исследования. - 2011. - № 12–2. – С. 281–285.

10. Heuvelink G.B.M. and Brown J.D. Towards a soil information system for uncertain soil data // Developments in Soil Science. - Amsterdam, NL: Elsevier. – 2006. - V. 31. – P. 97–106.

11. Kelling S., Hochachka W. M., Fink D., Riedewald M., Caruana R., Ballard G. and Hooker G. Data-intensive science: a new paradigm for biodiversity studies // BioScience. - 2009. – 59. - P. 613–620.

12. Shoba S., Krasilnikov P., Makeev A., Ivanov A., Kolesnikova V., Alyabina I. Soil Degradation Challenge in Arid Areas: The Role of Soil Databases and Soil Information Tools //

The International Soil Science Congress on “Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management”. - Çeşme-İzmir-TURKEY. – 2012. - V. I. - P. 16-21.

13. Чернова О.В., Алябина И.О., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А. Современное состояние гумусированности пахотных черноземов настоящих степей (на примере Ростовской области) // Юг России: экология, развитие (South of Russia: Ecology, Development). - 2020. - Т. 15, N 4. - С. 1-17; DOI: [10.18470/1992-1098-2020-4-99-113](https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-4-99-113)

14. Безуглова О.С., Болдырева В.Э., Литвинов Ю.А., Меженков А.А. Опыт разработки онлайн курса «ГИС в сельском хозяйстве» на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса: Мат. международной научно-практической конференции / под общ. ред. В.И. Титовой. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2021. – С. 3-7.

15. Bezuglova O.S. , Minaeva E.N., Morozov I.V., Mandzhieva S.S., Rajput V.D. and Boldyreva V.E. Origin of the gypsum-bearing horizon of Calcic Chernozems in the South of Russia // Ecology, Environment and Conservation. – 2021. - 27 (1). - P. 514-520. – URL: [http://www.envirobiotechjournals.com/issue\\_articles.php?iid=327&jid=3Bui, 2016](http://www.envirobiotechjournals.com/issue_articles.php?iid=327&jid=3Bui, 2016).

16. Безуглова О.С., Ильинская И.Н., Закруткин В.Е., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А., Гаевая Э.А., Меженков А.А., Жумбей А.И. Динамика деградации земель в Ростовской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – 86 (1). - С. 41-54; DOI: [10.31857/S2587556622010034](https://doi.org/10.31857/S2587556622010034)

17. Жумбей А.И., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А. Анализ состояния растительного покрова на территории ООПТ с применением дистанционного зондирования [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 2. – Режим доступа: <http://www.agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st.208.pdf>.

#### Цитирование:

Болдырева В.Э., Морозов И.В., Безуглова О.С. Интерпретация данных гранулометрического состава черноземов по материалам почвенных дата-центров [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 2. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_233.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_233.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202122233>.