

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ R ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ КЛАССОВ ПОЧВ И ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ ФЕРРЕ

© 2021 Д.А. Гаврилов 

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: gavrilov@issa-siberia.ru

В статье приведен алгоритм пересчета размерности элементарных почвенных частиц по Н.А. Качинскому (1965) в международную градацию (2000-50-2 мкм) с использованием формулы Е.В. Шеина (2009) и построения диаграммы Ферре с помощью пакетов "soiltexture", "plotrix" и "ggtern" в среде R. Преимуществом использования пакетов R является их свободное распространение, широкие возможности настройки диаграммы, получение опыта программирования в одном из распространенных языков для статистического анализа и построения научных иллюстраций.

Ключевые слова: гранулометрический состав почвы; диаграмма Ферре; R; текстурные классы почв

Цитирование: Гаврилов Д.А. Использование R для классификации гранулометрических классов почв и построения диаграммы Ферре // Почвы и окружающая среда. 2021. Том 4. № 1. e136. doi: 10.31251/pos.v4i1.136

ВВЕДЕНИЕ

Методика расчета качественного показателя государственного задания «Комплексный балл публикационной результативности» (Методика ..., 2020), заставляет отечественных ученых менять стратегию публикационной активности, при которой публикации в базах цитирования Scopus и Web of Science становятся значительно более приоритетными. В связи с этим остро встает вопрос о сопоставимости аналитических методов, применяемых традиционно при изучении почв в отечественной науке с методами, распространенными за рубежом.

Одним из фундаментальных свойств почв является гранулометрический состав. Разница во взглядах различных научных школ на диапазон размеров элементарных почвенных частиц и гранулометрические классы почв создают определенную трудность в понимании классификаций почв по грансоставу, применяемых в различных странах. В качестве примера на рисунке 1 показаны различия размеров фракций гранулометрического состава почв между отечественной и зарубежной классификациями.

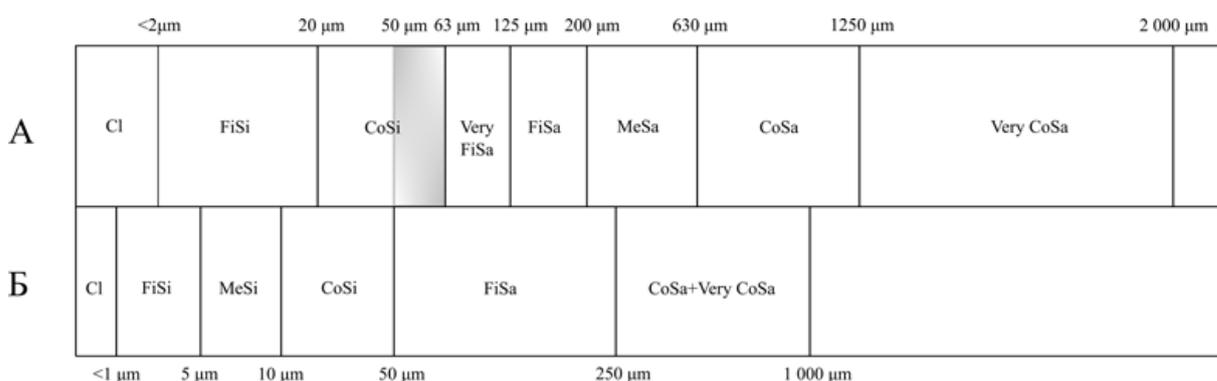


Рисунок 1. Схема соотношения размеров элементарных почвенных частиц по: А – IUSS Working Group WRB (2015) и USDA; Б – Н.А. Качинскому (1965).

Условные обозначения: Cl (Clay) – ил, FiSi (Fine Silt) – мелкая пыль, MeFi (Medium Silt) – средняя пыль, CoSi (Coarse Silt) – крупная пыль, Very FiSa (Very Fine Sand) – очень мелкий песок, FiSa (Fine Sand) – мелкий песок, CoSa (Coarse Sand) – крупный песок, Very CoSa (Very Coarse Sand) – очень крупный песок.

Однако эти трудности могут быть успешно преодолены. Е.В. Шеин (2009) показал физическую и статистическую основу для перехода от классификации элементарных почвенных частиц почв по Н.А. Качинскому (1965) к Международной классификации (IUSS Working Group

WRB, 2015). С помощью линейной интерполяции им предложено несколько формул расчета содержания частиц диаметром <0,002 мм, основанных на содержании частиц 0,005 и 0,001 мм по Н.А. Качинскому:

$$\Phi_{<0.002} = 0.57\Phi_{<0.001} + 0.43\Phi_{<0.005} \quad (1)$$

$$\Phi_{<0.002} = -1.148 + 0.43\Phi_{<0.005} + 0.53\Phi_{<0.001} \quad (2)$$

Определенная сложность публикаций в зарубежных журналах связана и с визуализацией результатов гранулометрического анализа почв – необходимостью построения треугольника Ферре (ternary plot или triangle plot). На сегодняшний день разработано большое количество коммерческих программ, реализующих эту задачу (Origin Lab, Grapher и т.д.), но, чаще всего, использование программ требуют приобретение платной лицензии, которую зачастую вынужден покупать лично сам научный сотрудник.

В данной работе мы предлагаем решение рассмотренных проблем с помощью свободно распространяемых специализированных пакетов в среде R и формулы (1) В.Н. Шеина (2009).

В работе не рассматривается алгоритм установки программ R (<https://www.r-project.org/>) и RStudio (<https://www.rstudio.com/>), т.к. в интернете существует огромное количество инструкций по их скачиванию и установке.

РАСЧЕТ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ТРЕУГОЛЬНИКА ФЕРРЕ

Для загрузки данных в программу R необходимо предварительно подготовить таблицу с результатами гранулометрического анализа в любом табличном редакторе (Exel.xls, Calc.odt, Блокнот.txt и т.д.), где традиционные названия фракций по Н.А. Качинскому будут изменены на названия согласно таблице 1.

Таблица 1

Наименование элементарных почвенных частиц в табличном редакторе

Наименование ЭПЧ	Диаметр, μm	Наименование ЭПЧ в таблице
Песок очень крупный и крупный*	2000-1000	VeryCoarse_CoarseSand
Песок крупный и средний	1000-250	CoarseSand_MediumSand
Песок мелкий	250-50	FineSand
Пыль крупная	50-10	CoarseSilt
Пыль средняя	10-5	MediumSilt
Пыль мелкая	5-1	FineSilt
Ил	<1	ClayRus

Примечание:

*здесь имеется в виду гравий (по Н.А. Качинскому, 1965), соответствующий размерам очень крупного и крупного песка по IUSS Working Group WRB (2015).

Разбор алгоритма расчетов и построение диаграммы будут произведены на примере гранулометрического состава чернозема южного солонцеватого (Haplic Chernozem), описание которого опубликовано в книге «Почвы Кулундинской степи» (1967).¹

Алгоритм действий

1. Загрузка данных в программу RStudio. Зеленым цветом обозначены части кода, которые можно изменить согласно инструкции к пакетам.

¹ Скачать таблицу на персональный компьютер можно по ссылке:

https://soils-journal.ru/public/site/images/redactor/136/Chernozem_uzhnyi.xlsx

```
1.1 #Установка пакета для загрузки данных из файлов в формате *.xlsx
install.packages('readxl', , repos = "http://cran.us.r-project.org")
```

```
1.2 #Запуск пакета
library(readxl)
```

1.3 # Загрузка файла, подготовленного в формате *.xlsx, в таблицу под названием "Soil". Таблицу можно назвать любым именем, но в этом случае ниже необходимо изменить слово "Soil" на ваш вариант.

```
Soil<- read_excel("C:/Users/Denis/Desktop/Ternary plots/R/Chernozem_uzhnyi.xlsx")
```

```
1.4 #Просмотр загруженных данных
View(Soil)
```

Для удобства работы рекомендуется указать директорию, которая будет автоматически открываться при загрузке данных и сохранении результатов расчета или рисунков.

```
# Проверка директории, где будут сохраняться результаты расчётов
getwd()
```

```
# Назначение директории, где будут сохраняться результаты расчётов
setwd("C:/Users/Denis/Desktop/Ternary plots/R")
```

2. Расчёт содержания фракций CLAY, SILT, SAND по формуле Е.В. Шеина

В алгоритме использована формула (1) (Шеин, 2009). Но если необходимо применение другой формулы, то требуется модифицировать код.

После загрузки данных выполняется расчёт содержания фракций CLAY, SILT и SAND.

```
# С помощью символа присвоения "<-" указываем как будут называться наши переменные в расчетах и какие данные столбцов таблицы "Soil" соответствуют этим переменным. Используя символ "$", выбираем нужный столбец из таблицы "Soil".
```

```
2.1. # Расчет фракции CLAY (<2 мкм)
FineSilt <- Soil$FineSilt #фракция 5-1 мкм
#  $\Phi_{<0.002}=0.57\Phi_{<0.001}+0.43\Phi_{<0.005}$ 
ClayRus<-0.57*Soil$ClayRus
SiltRus<-0.43*FineSilt
CLAY<-(ClayRus+SiltRus)
#Просмотр результатов расчета содержания фракции CLAY (< 2 мкм)
CLAY
```

В итоге в консоли получаем вектор с результатами расчета содержания фракции CLAY:

```
#[1] 27.830 28.511 30.347 24.708 24.200 24.166 20.850
```

```
2.2 # Расчет фракции SAND (50-2000 мкм)
```

```
# С помощью символа присвоения "<-" указываем как будут называться наши переменные в расчетах и какие данные столбцов таблицы "Soil" соответствуют этим переменным. Используя символ "$", выбираем нужный столбец из таблицы "Soil"
```

```
CoarseSand_MediumSand <- Soil$CoarseSand_MediumSand #фракция 1000-250 мкм
FineSand <- Soil$FineSand #фракция 250-50 мкм
VeryCoarse_CoarseSand <- Soil$VeryCoarse_CoarseSand #фракция 2000-1000 мкм
```

```
# фракция 50-2000 мкм
SAND <- (CoarseSand_MediumSand+FineSand+VeryCoarse_CoarseSand)
#Просмотр результатов расчета содержания фракции SAND (50-2000 мкм)
SAND
```

В консоли появляется вектор с результатами расчета содержания фракции SAND:

```
#[1] 7.9 8.0 4.7 22.6 23.0 20.6 32.6
```

```
2.3. # Расчет фракции SILT (2-50 мкм)
```

```
# фракция 2-50 мкм
SILT <- (100-SAND-CLAY)
```

```
#Просмотр результатов расчета содержания фракции SILT (2-50 мкм)
SILT
```

Вектор с результатами расчета содержания фракции SILT:

```
#[1] 64.270 63.489 64.953 52.692 52.800 55.234 46.550
```

3. После получения расчетным способом содержания фракций приступаем к построению треугольника Ферре и определению гранулометрических классов образцов почвы. Для этого могут быть использованы пакеты “soiltexture” (3.1), “plotrix” (3.2) или ggtern (3.3).

```
3.1 #Установка и запуск пакета "soiltexture" для определения гранулометрических классов образцов
почвы. Установка производится единожды.
```

```
#Руководство: https://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/vignettes/soiltexture\_vignette.pdf
```

```
install.packages('soiltexture', repos = "http://cran.us.r-project.org")
```

```
#Запуск пакета "soiltexture"
library(soiltexture)
```

```
#3.1.1. Создание таблицы с результатами расчетов элементарных почвенных частиц
```

```
particle_soil1 <- data.frame(CLAY, SILT, SAND)
```

```
3.4 #Просмотр таблицы
```

```
particle_soil1
```

```
#   CLAY   SILT  SAND
#1 27.830 64.270  7.9
#2 28.511 63.489  8.0
#3 30.347 64.953  4.7
#4 24.708 52.692 22.6
#5 24.200 52.800 23.0
#6 24.166 55.234 20.6
#7 20.850 46.550 32.6
```

```
#Создание сводной таблицы с обозначение образцов, их глубин и содержанием фракций
table.all <- data.frame(Soil$Horizon, Soil$SampleID, Soil$Depth, SAND, SILT, CLAY)
```

```
#Просмотр сводной таблицы
```

```
table.all
```

```
#  Soil.Horizon Soil.SampleID Soil.Depth SAND   SILT   CLAY
#1           A             7      10-20  7.9 64.270 27.830
#2           A             6      10-20  8.0 63.489 28.511
#3           A             5      25-35  4.7 64.953 30.347
#4           B             4      70-80 22.6 52.692 24.708
#5           B             3     110-120 23.0 52.800 24.200
#6           C             2     150-160 20.6 55.234 24.166
#7           C             1     188-195 32.6 46.550 20.850
```

Для экспорта сводной таблицы необходимо воспользоваться функцией write.table() с указанием названия, формата файла (*.txt) и места его сохранения. Экспортируемый файл можно открыть в любом табличном редакторе и использовать для публикации.

```
#Экспорт таблицы в файл *.txt с разделителем табуляции
write.table(table.all,
"C:/Users/Denis/Desktop/Ternary plots/R/Table.all.txt", sep="\t", row.names=FALSE)
```

С помощью функции *TT.plot()* создаем треугольник гранулометрических классов почв, где в качестве аргумента *class.sys = ""*, указывается национальная классификация гранулометрических классов почв, а в *tri.data = , -* источник данных. В пакете "soiltexture" возможно определение гранулометрических классов почв согласно двадцати одного виду национальных классификаций (рис.2.). В международной классификации принято использовать диаграмму Ферре Департамента сельского хозяйства США (USDA).

```
3.1.2. #Построение треугольника гранулометрических классов почвы
TT.plot(class.sys = "USDA.TT", #Выбор классификации
tri.data = particle_soil1, #Источник данных
main = "Soil texture triangle", #Название диаграммы
sex.axis = 1) #Размер шрифта подписи осей
```

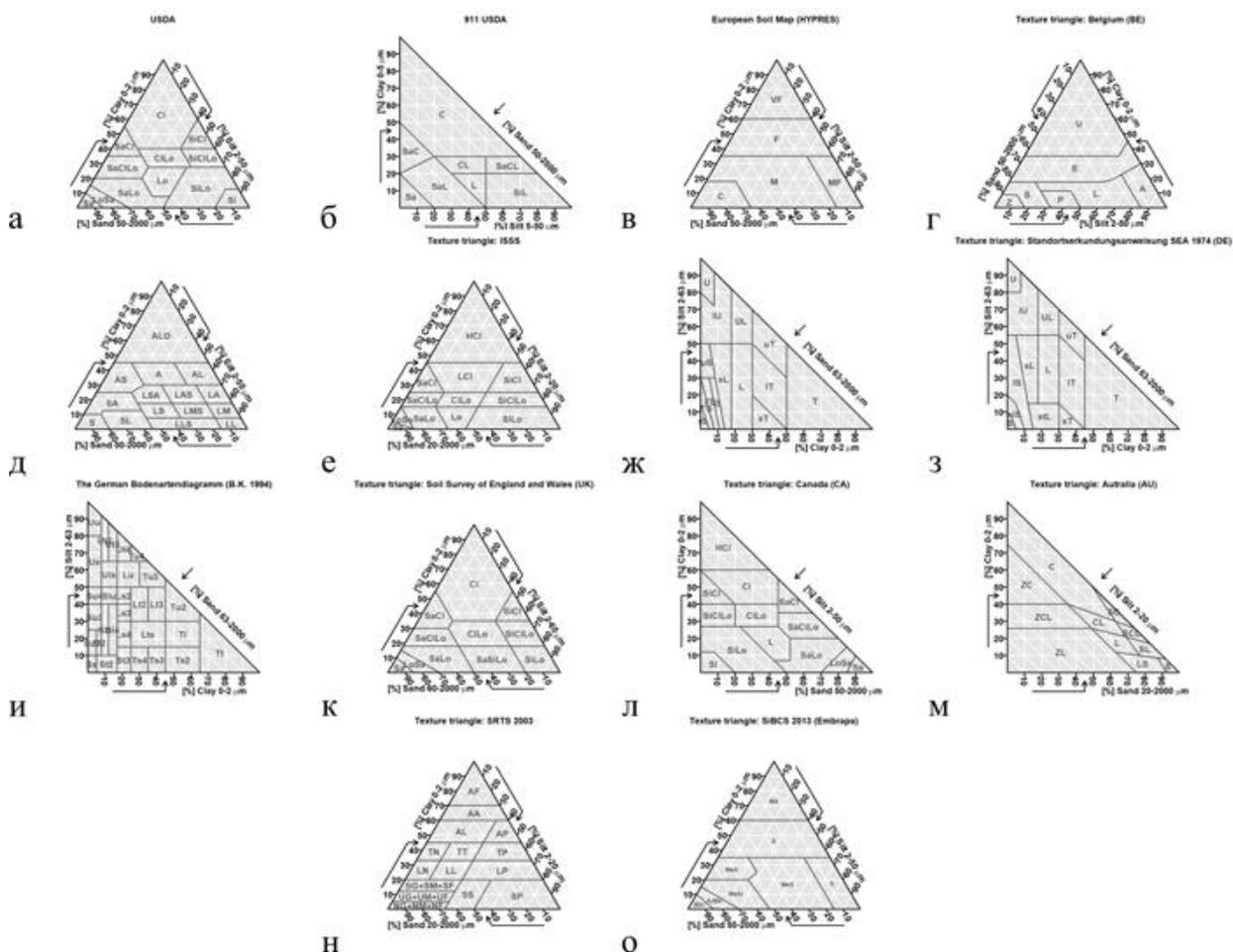


Рисунок 2. Треугольники Ферре национальных классификаций гранулометрических классов почв, реализованные в пакете "soiltexture" (по, Moeys, 2018): а – USDA (США); б – USDA 1911 (США); в – European Soil Map; г – Бельгия; д – ‘Aisne’ (Франция); е – International Soil Science Society; ж – ‘landwirtschaftliche Böden’ (Германия); з – Standorterkundungsanweisung’ (SEA 1974) (Германия); и – Bodenartendiagramm (BK 1994) (Германия); к – Soil Survey of England and Wales texture triangle (Великобритания); л – Канада; м – Австралия; н – Румыния; о – Бразилия.

При наличии результатов прямых измерений содержания пылеватой фракции размером 63-2 мкм возможно изменение диаграммы Ферре USDA с новой градацией (2000-63-2 мкм). Для этого необходимо запустить следующий код:

3.1.3. #Изменение градации фракции SILT с 50 на 63 мкм

Шаг 1.

USDA63 <- TT.get("USDA.TT")

USDA63[["base.css.ps.lim"]]

USDA63[["tri.css.ps.lim"]]

Шаг 2.

USDA63[["base.css.ps.lim"]][3] <- 63

USDA63[["tri.css.ps.lim"]][3] <- 63

TT.add("USDA63.TT" = USDA63)

Шаг 3. Построение обновленного треугольника гранулометрических классов почвы

TT.plot(

class.sys = "USDA63.TT",

Построение треугольника гранулометрических классов почвы USDA с границей между SAND и SILT 63 мкм

main = "Новая диаграмма",

#Название диаграммы

sex.axis = 1)

#Размер шрифта подписи

#Треугольник сохраняется только на время сессии, т.е. до закрытия RStudio

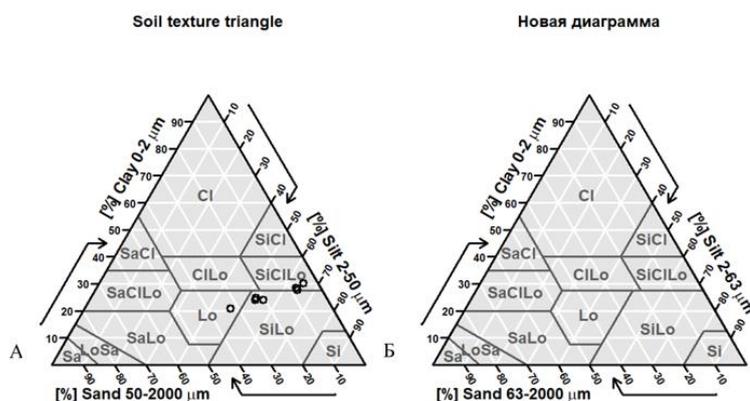


Рисунок 3. Треугольники Ферре гранулометрических классов почв: А – классификация USDA с границей между SAND и SILT 50 мкм; Б – согласно IUSS Working Group WRB (2015) с границей между SAND и SILT 63 мкм.

#3.1.4. Оформление диаграммы "Soil texture triangle"

#Раскрашивание текстурных квалификаторов почв согласно IUSS Working Group WRB (2015)

TT.plot(class.sys = "USDA63.TT",

tri.data = particle_soil1,

class.p.bg.col

c("red","red","red","green","green","green","green","green","cyan","gold","gold"),

#Треугольник гранулометрических классов почвы USDA с границей между SAND и SILT 63 мкм
#Источник данных

#Цвета областей гранулометрических классов

pch = 23,

#pch = c(1:7),

sex = 2,

col = "blue",

#col = c(1:7),

main = "Soil texture triangle",

sex.axis = 1)

#Вариант 1. Тип маркера для всех образцов

#Вариант 2. Индивидуальный маркер для каждого

Образца. Удалите знак “#” и поставьте его перед

предыдущей строкой кода.

#Размер маркера

#Вариант 1. Цвет образцов

#Вариант 2. Индивидуальные цвета для каждого

образца

#Название диаграммы

#Размер шрифта подписи

Список доступных цветов можно найти по ссылке: <http://www.stat.columbia.edu/~tzheng/files/Rcolor.pdf>

```
#Подписи образцов
geo<-TT.plot(class.sys = "USDA63.TT",
class.p.bg.col=c("red","red","red","green","green","green","green","cyan","green","cyan","gold","gold"))

TT.text(tri.data = particle_soil1,
      geo       = geo,
      labels    = Soil$SampleID,           #Источник для подписей: столбец 'SampleID' из
                                           #таблицы 'Soil'
      font      = 1,                       #Размер шрифта
      col       = "black"                 #Цвет шрифта
    )
```

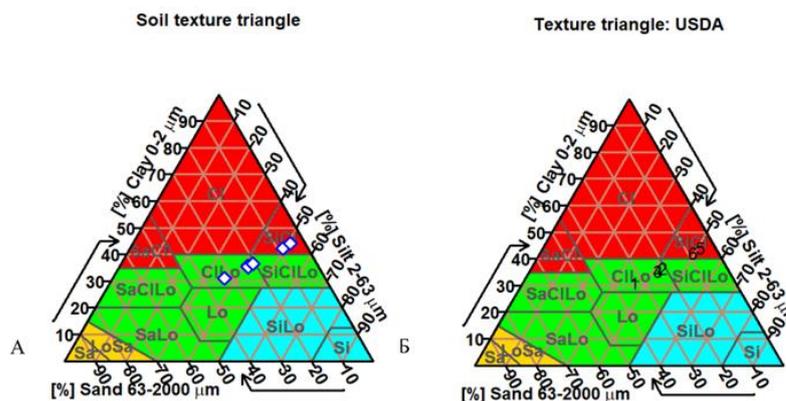


Рисунок 4. Диаграммы гранулометрических классов почв с границей между SAND и SILT 63 мкм и цветными областями гранулометрических квалификаторов согласно IUSS Working Group WRB (2015). Образцы обозначены на диаграмме: А – формой; Б – порядковым номером.

Следующая возможность построения диаграммы Ферре реализована в пакете "plotrix". Пакет не разрабатывался специально для классификации почв по гранулометрическому составу, поэтому не обладает той широкой возможностью, что пакет "soiltexture" в реализации национальных классификаций гранулометрических классов почв.

```
#3.2. Пакет "plotrix"
#Установка и запуск пакета "plotrix" для определения гранулометрических классов образцов почвы.
Установка производится единой строкой.

install.packages("plotrix", repos = "http://cran.us.r-project.org")

#Запуск пакета "plotrix"
library("plotrix")
```

Полученные расчеты по содержанию фракций SAND, SILT и CLAY на этапе (2), необходимо объединить в единую таблицу, в которой названия фракций будут написаны прописными буквами.

```
#3.2.1. Создание таблицы с результатами расчетов элементарных почвенных частиц

particle_soil2 <- data.frame(SAND, SILT, CLAY)

names(particle_soil2)[1]<- 'sand'      # Переименование первого столбца
names(particle_soil2)[2]<- 'silt'     # Переименование второго столбца
names(particle_soil2)[3]<- 'clay'    # Переименование третьего столбца

#Просмотр таблицы
particle_soil2
```

```

# sand silt clay
#1 7.9 64.270 27.830
#2 8.0 63.489 28.511
#3 4.7 64.953 30.347
#4 22.6 52.692 24.708
#5 23.0 52.800 24.200
#6 20.6 55.234 24.166
#7 32.6 46.550 20.850

```

#3.2.2. Построение треугольника текстурных классов почвы

#Руководство: <https://cran.r-project.org/web/packages/plotrix/plotrix.pdf>

```

TernaryPlot2 <- soil.texture(soiltexture=particle_soil2, #Источник данных
  main="Soil texture triangle", #Название диаграммы
  at=seq(0.1, 0.9, by=0.1),
  axis.labels = c("Sand (%)", "Silt (%)", "Clay (%)"),
  tick.labels = list(l=seq(10, 90, by=10), r=seq(10, 90, by=10),
    b=seq(10, 90, by=10)),
  show.names = TRUE, # Отображение названий классов почв
  show.lines = TRUE, # Отображение границ между классами почв
  col.names = "gray", # Цвет надписей классов почв
  bg.names = par("bg"), # Расположение надписей классов почв
  show.grid = TRUE, # Отображение сетки на диаграмме
  col.axis = "black", # Цвет осей
  col.lines = "gray", # Цвет сетки классов почвы
  col.grid = "gray", lty.grid=3, # Цвет и размер сетки на диаграмме
  show.legend = FALSE, # Отображение легенды
  label.points = TRUE, # Отображение порядкового номера образца
  # в таблице
  point.labels = NULL, # Название образцов согласно их порядкового
  # номера
  col.symbols = "black", # Цвет надписи порядкового номера образца
  pch = 21, # Форма маркера
  cex = 2, # Размер маркера
  bg = "red", # Цвет маркера
  lwd = 1) # Ширина линии обводки маркера

```

Soil texture triangle

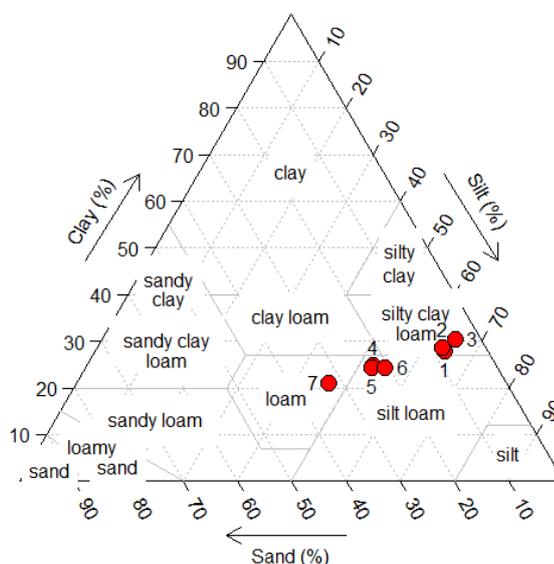


Рисунок 5. Треугольник Ферре гранулометрических классов почв согласно IUSS Working Group WRB (2015), созданный с помощью пакета “plotrix”.

Пакет "ggtern" является расширением, созданным на основе популярного графического пакета "ggplot2". Пакет имеет широкие возможности по построению диаграммы Ферре (triangle plot) и визуализации результатов определения содержания гранулометрических фракций.

#3.3. Пакет "ggtern"

#Установка и запуск пакета "ggtern" для определения гранулометрических классов образцов почвы. Установка производится единожды.

```
install.packages("ggtern", repos = "http://cran.us.r-project.org")
install.packages("plyr", repos = "http://cran.us.r-project.org")
install.packages("grid", repos = "http://cran.us.r-project.org")
```

#Запуск пакетов

```
library(ggtern)
library(plyr)
library(grid)
```

#3.3.1. Построение треугольника текстурных классов почвы

#Руководство: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggtern.pdf>

#Официальный сайт разработчика: <http://www.ggtern.com/2014/01/15/usda-textural-soil-classification/>

Загрузка сетки USDA.

```
data(USDA)
```

Подпись текстурных классов почвы на диаграмме.

```
USDA.LAB = ddply(USDA, 'Label', function(df){
  apply(df[, 1:3], 2, mean)
})
```

Настройка диаграммы

```
USDA.LAB$Angle = 0
USDA.LAB$Angle[which(USDA.LAB$Label == 'Loamy Sand')] = -35
```

Конструирование диаграммы.

```
ggtern(data = USDA, aes(y=Clay, x=Sand, z=Silt)) +
  coord_tern(L="x", T="y", R="z") +
  geom_polygon(aes(fill = Label),
    alpha = 0.75, size = 0.5, color = 'black') +
  geom_text(data = USDA.LAB,
    aes(label = Label, angle = Angle),
    color = 'black',
    size = 3.5) +
  theme_rgbw() +
  theme_clockwise() +
  theme_showsecondary() +
  theme_showarrows() +
  custom_percent("Percent") +
  theme(legend.justification = c(0, 1),
    legend.position = c(0, 1)) +
  guides(fill = FALSE)+
  ggtitle("Soil texture triangle") # Название диаграммы
```

#3.3.2. Конструирование таблицы с результатами расчетов элементарных почвенных частиц

```
particle_soil3 <- data.frame(CLAY, SAND, SILT)
```

```
#Просмотр таблицы
particle_soil3
```

```
#   CLAY SAND  SILT
#1 27.830  7.9 64.270
#2 28.511  8.0 63.489
#3 30.347  4.7 64.953
#4 24.708 22.6 52.692
#5 24.200 23.0 52.800
#6 24.166 20.6 55.234
#7 20.850 32.6 46.550
```

#3.3.3. Нанесение экспериментальных измерений содержания элементарных частиц почвы на диаграмму

```
TernaryPlot3 <- data.frame(SAND=rrunif(10),SILT=rrunif(10),CLAY=rrunif(10))
```

```
last_plot() + geom_point(data=particle_soil3,
  aes(y=CLAY,x=SAND,z=SILT),
  shape = 19,
  colour = "red",
  #Источник данных
  #Присваивание координат переменным
  #Вид маркер
  #Цвет маркер
```

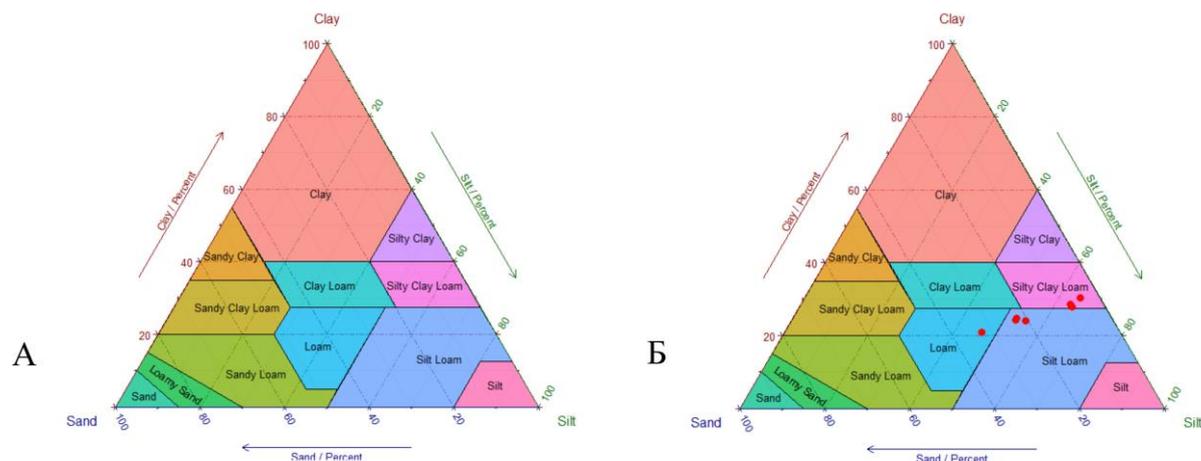


Рисунок 6. Треугольники Ферре гранулометрических классов почв согласно IUSS Working Group WRB (2015), созданные с помощью пакета “ggtern”.

#Если необходимо на диаграмме разместить один образец, то нужно в источнике данных указать конкретную строку из таблицы

```
last_plot() + geom_point(data=particle_soil3[1,],
  aes(y=CLAY,x=SAND,z=SILT),
  shape = 19,
  colour = "red",
  size = 3)
#Источник данных - первая строка из таблицы
#Присваивание координат переменным
#Вид маркер
#Цвет маркер
#Размер маркер
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный вариант автоматизированного перевода размерности элементарных почвенных частиц по классификации Н.А. Качинского (1965) в Международную классификацию (IUSS Working Group WRB, 2015) с помощью одной из регрессивных формул Е.В. Шеина (2009) в среде R позволяет

быстро провести сравнительный анализ текстурных классов образцов почв и визуализировать результаты определения гранулометрического состава. Исследователь получает возможность представить в своих публикациях результаты анализов в табличном формате или с помощью диаграммы Ферре. Кроме того, опыт работы с языком R позволит в дальнейшем расширить арсенал методов исследования за счет получения возможности проведения статистической обработки данных без привлечения стороннего дорогостоящего программного обеспечения.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа подготовлена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

ЛИТЕРАТУРА

Методика расчета качественного показателя государственного задания "Комплексный балл публикационной результативности" для научных организаций, подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, на 2020 г. Москва, Минобрнауки РФ. 25. 08. 2020 г.

Почвы Кулундинской степи. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1967. 289 с.

Качинский Н.А. *Физика почв.* Ч.1. М.: Наука, 1965. 321 с.

Шейн Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // *Почвоведение.* 2009. №3. С. 309–317.

Moeys J. The soil texture wizard: R functions for plotting, classifying, transforming and exploring soil texture data. 2018. 104.

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps (2015) update 2015. World Soil Resources Reports. Rome: FAO.

Поступила в редакцию 07.05.2021

Принята 09.06.2021

Опубликована 13.06.2021

Сведения об авторе:

Гаврилов Денис Александрович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); gavrilov@issa-siberia.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

USING R-SOFTWARE FOR CLASSIFICATION OF SOIL GRANULOMETRY CLASSES AND CREATING THE FERRERS DIAGRAMS

© 2021 D.A. Gavrilov 

Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: gavrilov@issa-siberia.ru

*The article describes a detailed algorithm to recompute the size of the elementary soil particles obtained by Kachinsky technique (a method conventionally used by Russian soil scientists) into the international granulometric size distribution pattern of 2000-50-2 μm using the formula introduced by E.V. Shein in 2009. The article also describes step-by-step procedures to create Ferrers diagrams using the *soiltexture*”, *plotrix*” u *ggtern*” packages in R environment. One of the advantages of R software is its free distribution and usage, vast range of options for the diagram settings, and, in the process of doing so, accruing the experience of working with a very popular language for statistical analysis and data visualization.*

Key words: particle soil size; Ferrers diagram; R; texture soil classes

How to cite: Gavrilov D.A. Using R-software for classification of soil granulometry classes and creating the Ferrers diagrams // *The Journal of Soils and Environment.* 2021. 4(1). e136. doi: [10.31251/pos.v4i1.136](https://doi.org/10.31251/pos.v4i1.136) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

- Methodology* for calculating the qualitative indicator of the state assignment "Comprehensive score of publication performance" for scientific organizations subordinate to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, for 2020 Moscow, December 30, 2019 (in Russian)
- Soils of the Kulunda steppe*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1967. 289 p. (in Russian)
- Kachinskiy N.A. Soil physics. Part 1. Moscow: Nauka Publ., 1965. (in Russian)
- Shein E.V. Granulometric composition of soils: methods of laser diffraction and sedimentometry, their comparison and use, *Pochvovedenie*, 2009, No3, p.309–317. (in Russian)
- Moeys J. The soil texture wizard: R functions for plotting, classifying, transforming and exploring soil texture data. 2018, 104.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps (2015) update 2015. World Soil Resources Reports. Rome: FAO.

Received 07 May 2021

Accepted 09 June 2021

Published 13 June 2021

About the author:

Gavrilov Denis A. – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Geography and Soil Genesis in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); gavrilov@issa-siberia.ru

The author read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)