

Цифровые технологии науки о ландшафте

курс по выбору

4 курс, весенний семестр 2020 г.

Преподаватель:

- Даниил Николаевич Козлов: daniilkozlov@gmail.com
- кафедра физической географии и ландшафтоведения

Информационная поддержка:

- http://landscapeedu.ru/edu_help4_DT_and_R.shtml
- практические материалы, задания, статьи, тематические сайты

Занятия:

- пятница 2 пара, 10:50-13:00, ауд. 2116

Задания:

- реферат статьи 2017-20 года из каталога ELSEVIER
- тематические задания
- персональный проект по теме научного исследования

Проверка знаний:

- практические (80%), вопросы экзамена (10%), активная работа (10%)



14.02 ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ДЗ

21.02
28.02 **Статистический анализ данных** **ПР**

06.03
13.03 **Цифровое картографическое моделирование:** ДЗ
20.03 геостатистика и индикационное картографирование

27.03
03.04 **Стохастическое и детерминированное моделирования** ДЗ
10.04 **процессов организации геосистем ландшафтного уровня**

17.04 Семинар по проблемам (доклады по статьям)

24.04 Резерв

Февраль 2020								Март 2020								Апрель 2020								
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		
27	28	29	30	31	1	2		24	25	26	27	28	29	1		30	31	1	2	3	4	5		
3	4	5	6	7	8	9		2	3	4	5	6	7	8		6	7	8	9	10	11	12		
10	11	12	13	14	15	16		9	10	11	12	13	14	15		13	14	15	16	17	18	19		
17	18	19	20	21	22	23		16	17	18	19	20	21	22		20	21	22	23	24	25	26		
24	25	26	27	28	29	1		23	24	25	26	27	28	29		27	28	29	30	1	2	3		
2	3	4	5	6	7	8		30	31	1	2	3	4	5		4	5	6	7	8	9	10		

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

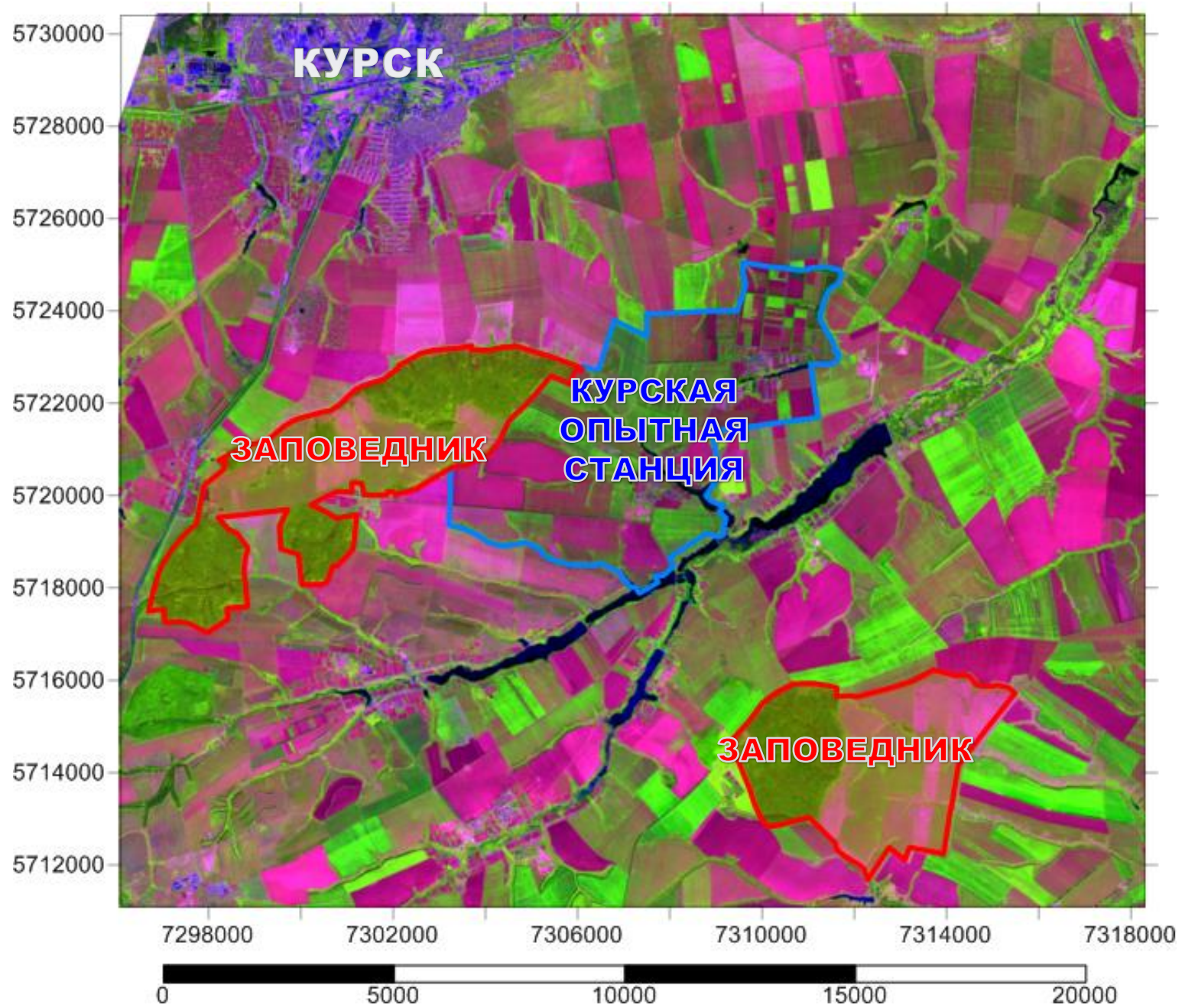
на основе Вашей темы научного исследования:

1. СФОРМУЛИРОВАТЬ ПРОБЛЕМУ И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ
2. СПРОЕКТИРОВАТЬ ТАБЛИЦУ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
3. ОБОСНОВАТЬ ШКАЛУ ИЗМЕРЕНИЙ КАЖДОГО СВОЙСТВА
4. ОБОСНОВАТЬ МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
(сравнение выборок, линейная связь между переменными)
5. ЗАПОЛНИТЬ ТАБЛИЦУ в Excel
6. СОХРАНИТЬ в формате .csv (разделитель “;”)
7. ИМПОРТИРОВАТЬ ТАБЛИЦУ в R

```
11 # загрузка файла данных
12 data <- read.csv2("D:/Dropbox/R/Monte.csv", header = TRUE, sep = ";",
13                  quote = "\"", dec = ".", fill = TRUE,
14                  comment.char = "", stringsAsFactors = FALSE)
15
16 view(data) # показать таблицу данных
17 str(data) # показать структуру таблицы
18 head(data) # показать первые 6 строк таблицы
19 summary(data) # рассчитать мин, среднее, медиану, макс.
```

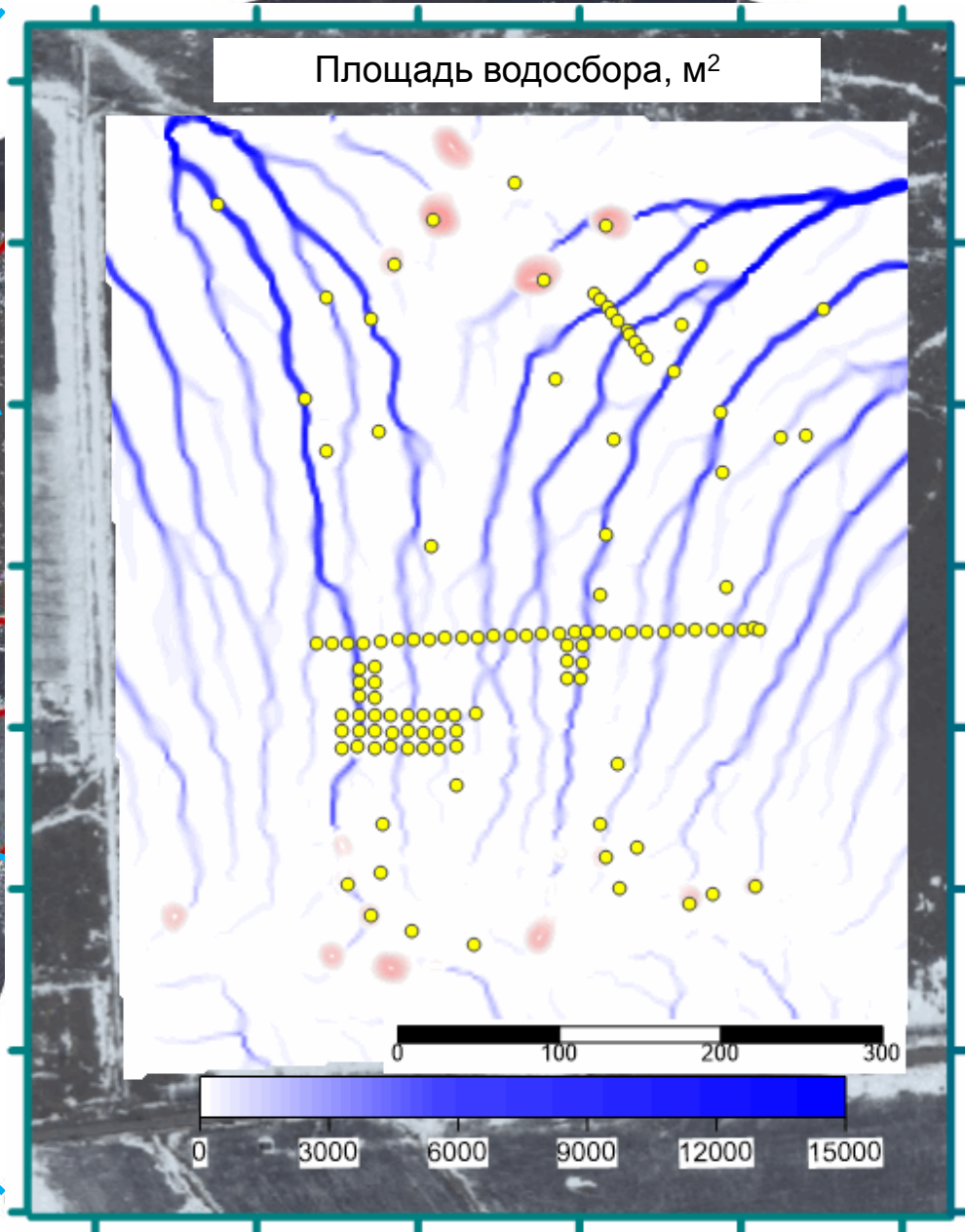
8. ПРОВЕСТИ АНАЛИЗ и ОФОРМИТЬ ПРЕЗЕНТАЦИЮ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2



ДЕТАЛЬНАЯ ПОЧВЕННАЯ СЪЕМКА

- Детальная топографическая съёмка дифференцированной системой спутникового позиционирования GNSS
- Построение ЦМР
- Расчет геоморфометрических величин



ЗАДАНИЕ

1. **СФОРМУЛИРОВАТЬ ПРОБЛЕМУ И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**
УСТАНОВИТЬ закономерности изменчивость почв северной лесостепи Среднерусской возвышенности (Центрально-Черноземный заповедник)
2. **СПРОЕКТИРОВАТЬ ТАБЛИЦУ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**
строки – почвенные разрезы, колонки – свойства почвы (мощности горизонтов, таксон, запасы гумуса, кг/м²)
3. **ОБОСНОВАТЬ ШКАЛУ ИЗМЕРЕНИЙ КАЖДОГО СВОЙСТВА**
мощности горизонтов, запасы – интервальная, таксон - номинальная
4. **ЗАПОЛНИТЬ ТАБЛИЦУ в Excel**

id	A	AB	CaCO ₃	SID	HUM050	HUM100
m14-001	70	90	75	Чт	31.0	58.6
m14-002	75	90	120	Чтв	28.6	54.0
m14-003	85	95	135	Чтв	26.0	51.0
m14-004	70	85	80	Чл	38.0	62.0
...	...	...	...	...	...	...

ЗАДАНИЕ

5. ОБОСНОВАТЬ МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (сравнение выборок, линейная связь между переменными)

- проверить H_0 равенства интервальных значений для номинальных категорий (запасов органического вещества для четырех подтипов черноземов)
- ~~- проверить H_0 отсутствия связи двух показателей (запасы органического вещества в слоях 0-50 и 0-100 см)~~

id	A	AB	CaCO ₃	SID	HUM050	HUM100
m14-001	70	90	75	Чт	31.0	58.6
m14-002	75	90	120	ЧТВ	28.6	54.0
m14-003	85	95	135	ЧТВ	26.0	51.0
m14-004	70	85	80	Чл	38.0	62.0
...	...	...	...	...	...	...

Обеспечить создание устойчивых систем производства продуктов питания и внедрение надежных методов ведения сельского хозяйства, позволяющих повысить производительность труда и объем производимой продукции, способствовать сохранению экосистем, укреплять потенциал адаптации к изменению климата и экстремальным погодным явлениям, засухе, наводнениям и другим стихийным бедствиям и постепенного улучшать качество земель и почв

1 МИР БЕЗ НИЩЕТЫ	2 МИР БЕЗ ГОЛОДА	3 ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ	4 КАЧЕСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	5 РАВНЫЕ ПРАВА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН	6 ДОСТУП К ЧИСТОЙ ВОДЕ И КАНАЛИЗАЦИИ
7 ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	8 ДОСТОЙНЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ	9 ИННОВАЦИИ И ИНФРАСТРУКТУРА	10 МИР БЕЗ НЕРАВЕНСТВА	11 БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДОВ И ДОСТУПНОЕ ЖИЛЬЕ	12 РАЗУМНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ
13 БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА	14 СОХРАНЕНИЕ МОРСКИХ РЕСУРСОВ	15 СОХРАНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ НА СУШЕ	16 МИР И ВЕРХОВЕНСТВО ЗАКОНА	17 СОВМЕСТНОЕ ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ	THE GLOBAL GOALS Объединяем цели устойчивого развития

Обеспечить борьбу с опустыниванием, восстановление деградировавших земель и почв, включая земли, пострадавшие от опустынивания, засухи и наводнений, и стремиться к достижению мира, в котором не будет деградации земель

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА



journal

Soil carbon 4 per mille

Budiman Minasny^{a,*}, Brendan P. Ma
Alex Chambers^d, Vincent Chaplot^e

Accepted 3 January 2017
Available online xxxx

Keywords:
Soil carbon
Climate change
Greenhouse gases
Soil carbon sequestration

8.9 giga tonne C
Annual Global



8.9 / 2400 = 4‰

Amount of C stock

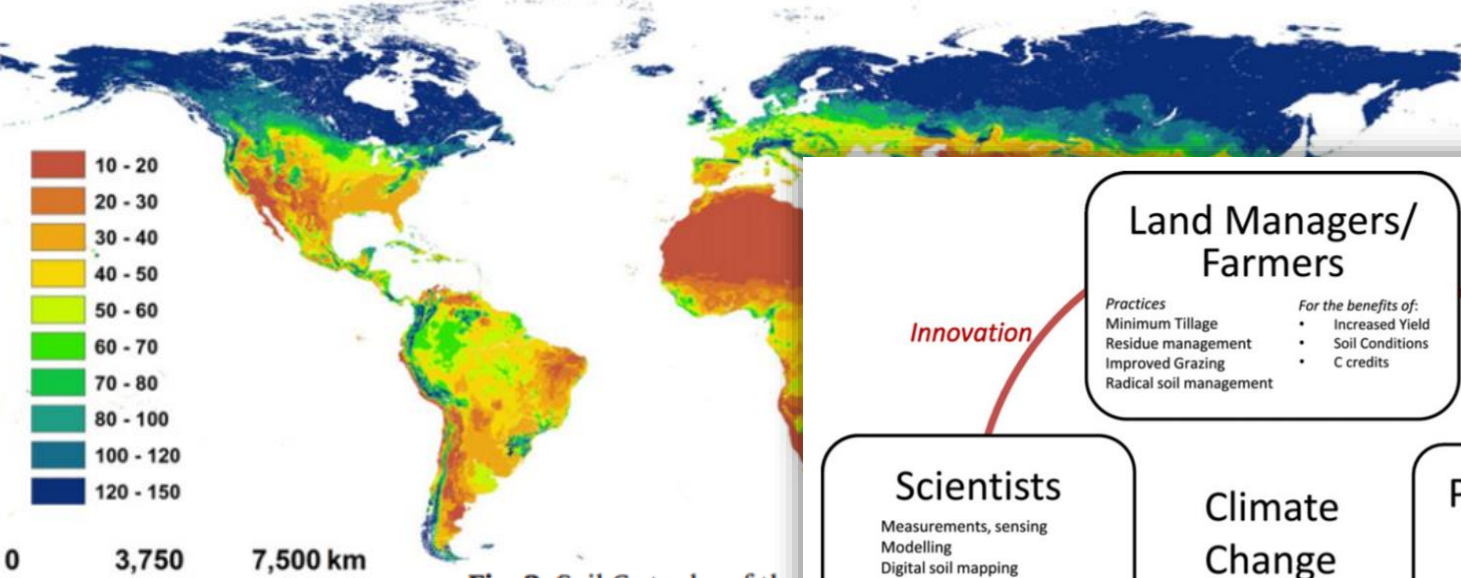
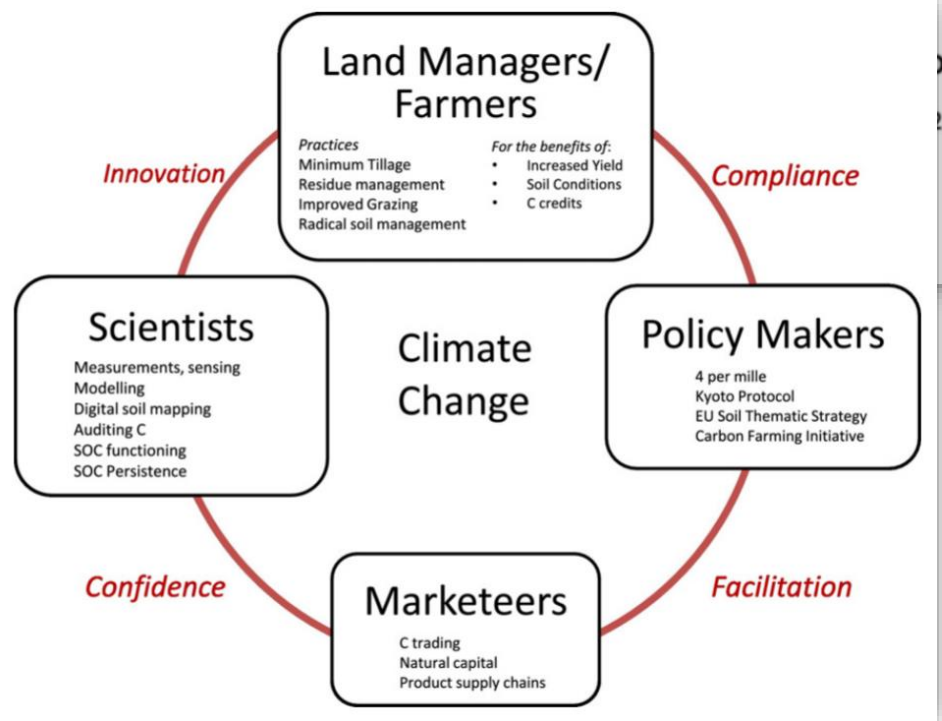


Fig. 2. Soil C stocks of the

and sequestration potentials from 20 regions in the world (New Zealand, Chile, South
Indonesia, Kenya, Nigeria, India, China Taiwan, South Korea, China Mainland, United
Canada, Belgium, England & Wales, Ireland, Scotland, and Russia). We asked where
is feasible for the region. The outcomes highlight region specific efforts and scopes
Reported soil C sequestration rates globally show that under best management
higher sequestration rates can be accomplished. High C sequestration rates (up to
for soils with low initial SOC stock (topsoil less than 30 t C ha⁻¹), and at the first
tation of best management practices. In addition, areas which have reached equilibrium
increase their sequestration. We found that most studies on SOC sequestration only
depth), as it is considered to be most affected by management techniques. The 4 per
blanket calculation of the whole global soil profile C stock, however the potential
managed agricultural lands. If we consider 4 per mille in the top 1 m of global agricu
is between 2-3 Gt C year⁻¹, which effectively offset 20-35% of global anthropogen
As a strategy for climate change mitigation, soil carbon sequestration buys time
years while other effective sequestration and low carbon technologies become viable. The challenge for cropping





SOIL SAMPLING PROTOCOL
TO CERTIFY THE CHANGES OF
CARBON STOCK IN MINERAL SOILS
FOR THE EUROPEAN UNION

Version 2

Vladimir Stolbovoy, Luca Monetti,
Filippi, Arwyn Jones, Javier Gallardo,
Grassi

Institute for Environment and Sustainability
*Institute for the Protection and the Security of the Citizen

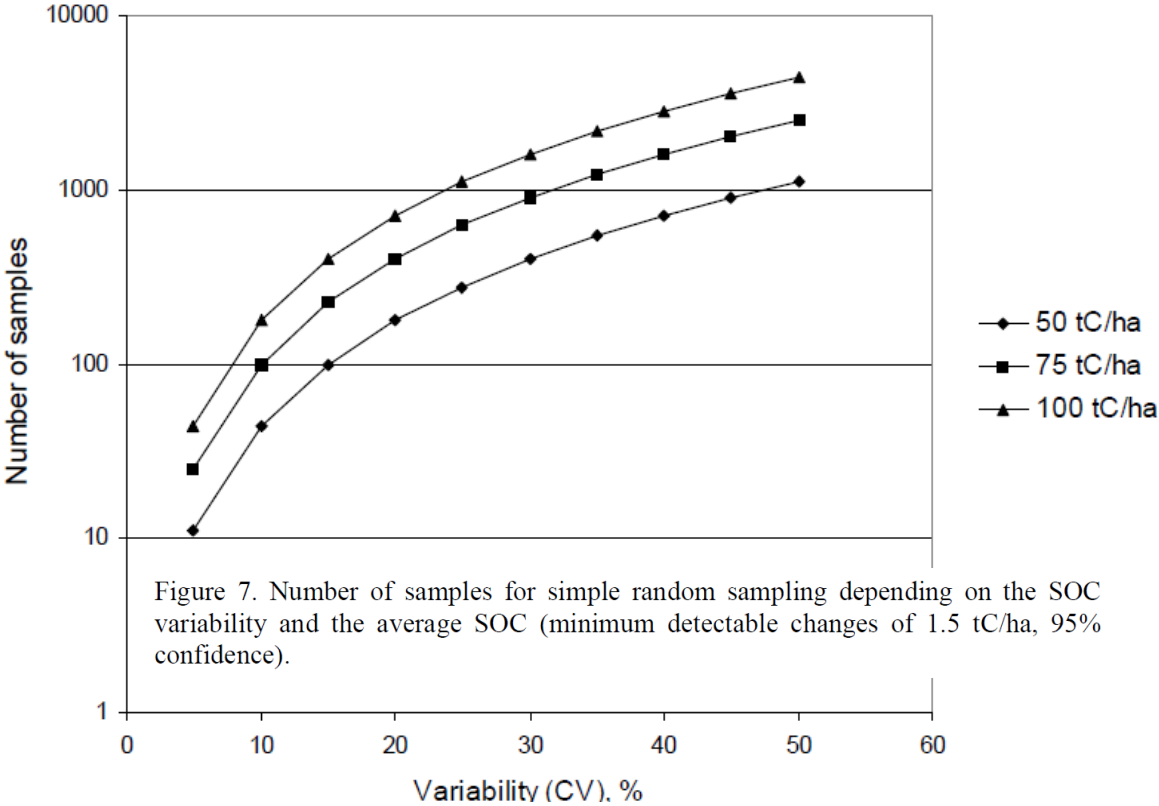


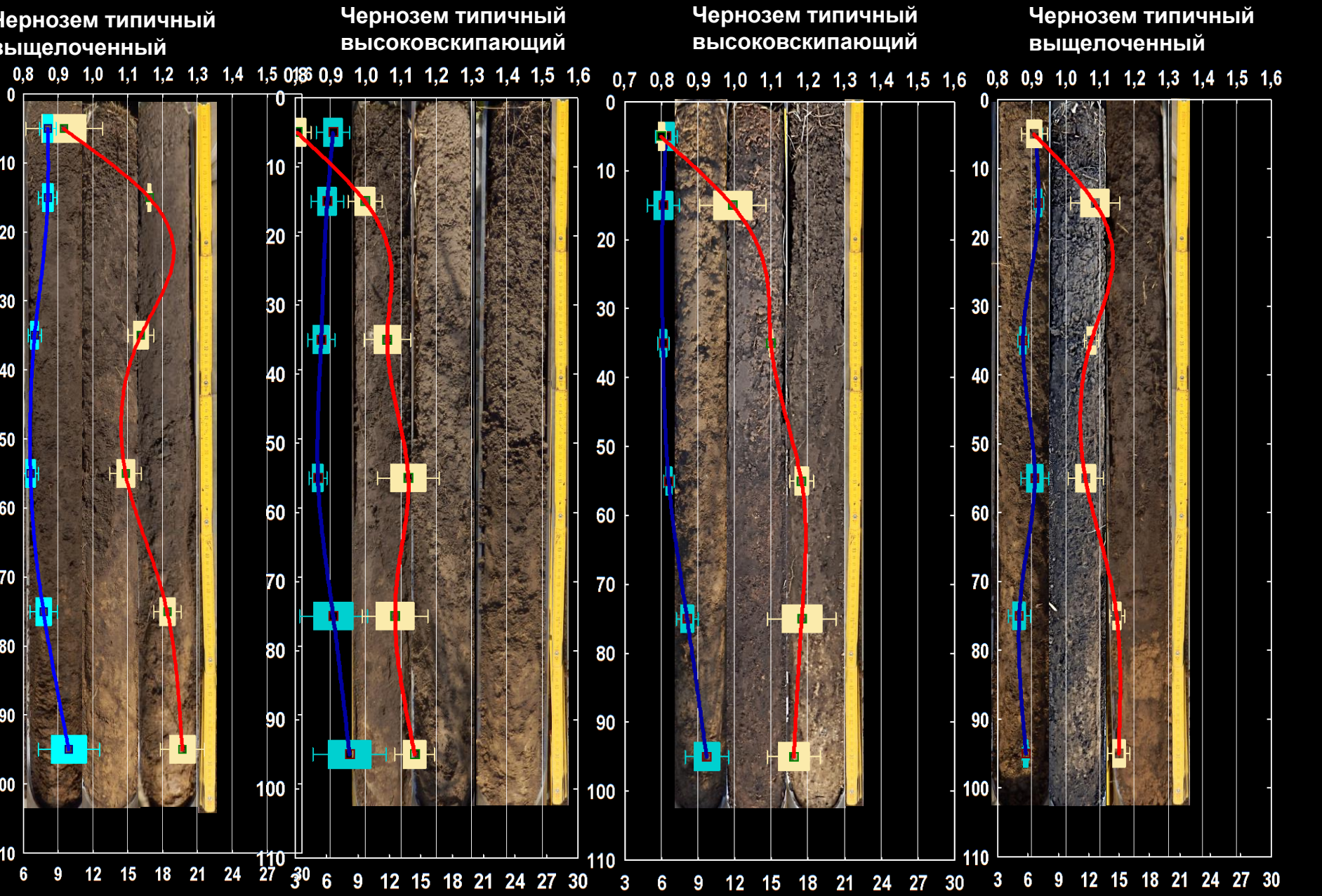
Figure 7. Number of samples for simple random sampling depending on the SOC variability and the average SOC (minimum detectable changes of 1.5 tC/ha, 95% confidence).

Table 9. The laboratory costs of carbon detection. Conditions: the average carbon change is 6 tC for the 4 ha plot; the laboratory price of the carbon determination is in the range €6-16 per sample.

Land cover	Conventional (IPCC, 2003)			Area-Frame Randomized Soil Sampling		
	Variability, %	Number of samples	Cost per tC	Variability, %	Number of samples	Cost per tC
Cropland	9	241	241-643	n.a.*	3	3-8
Pasture	15	675	675-1800	n.a.	3	3-8
Forest	23	1587	1587-4232	n.a.	6	6-16

*n.a. = not applicable

ПРОФИЛЬ ПЛОТНОСТИ В ЦЕЛИННОЙ СТЕПИ



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

подготовка данных

- лабораторные анализы 105 почв по слоям 0-10, 10-20, 30-40, 50-60, 70-80, 90-100 см:
- плотность ненарушенных образцов (100 см³),
 - содержание гумуса по Тюрину (% от навески растертой почвы 2 гр.)

	id	sid77_05	h0010	h1020	h3040	h5060	h7080	h90100	bd0010	bd1020	bd3040	bd5060	bd7080	bd90100
1	k15-06	лчв	8.46	6.37	5.23	3.65	3.22	2.18	0.84	1.01	1.08	1.12	1.15	1.18
2	k15-15	лчв	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	k15-17	лчв	9.72	8.23	5.94	5.82	4.28	4.60	0.84	0.94	1.01	1.04	1.08	1.10
4	k15-21	лчв	8.77	6.18	5.23	4.06	3.56	1.73	0.83	0.94	1.01	1.04	1.08	1.10
5	k16-06	лчв	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6	k16-09	лчв	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ЗАДАЧА для R

1. визуализировать результаты анализов (качество данных, существующие закономерности);
2. пересчитать плотность и % гумуса в запас гумуса в слоях;
3. интерполировать запасы гумуса на слои без опробования 20-30, 40-50, 60-70, 80-90 см
4. сложить запасы гумуса по слоям 10 см (метровый слой)
5. проверить H0 об отсутствии связи запасов с генезисом почв

РЕЗУЛЬТАТ

- запас гумуса в метровом слое почвы (кг/м²)

	id	sid	H010	H020	H030	H040	H050	H060	H070	H080	H090	H100	H01m
1	k14-06	чв	7.540289	7.453254	6.855668	6.148809	5.450259	4.794044	4.277927	3.707849	2.847657	2.117455	51.19321
2	k14-07	чв	7.671417	7.648681	7.011346	6.209710	5.315502	4.480215	3.917002	3.500996	3.392118	3.358025	52.50501
3	k14-08	чв	9.179564	8.140992	7.228055	6.411952	5.698445	4.985269	4.197290	3.373281	2.480174	1.761409	53.45643
4	k14-09	чт	8.882226	8.492037	7.646623	6.709731	5.760410	4.898615	4.348383	3.799426	3.024231	2.372156	55.93384
5	k14-10	чт	7.849751	9.153990	8.533008	7.489398	6.651540	5.873905	5.152003	4.484018	3.961040	3.571615	62.72027

3.4.4 Soil organic carbon stock

Primary soil properties such as organic carbon content, bulk density and coarse fragments can be further used as inputs for estimation of secondary soil properties which are typically not measured directly in the field, or laboratory, and need to be derived from primary soil properties. For instance, consider estimation of the global carbon stock (in permille). This secondary soil property can be derived from a number of primary soil properties (Nelson and Sommers 1982; Sanderman, Hengl, and Fiske 2018) (see Fig. 3.16):

$$OCS [kg\ m^{-2}] = \frac{ORC}{1000} [kg\ kg^{-1}] \cdot \frac{HOT}{100} [m] \cdot BLD [kg\ m^{-3}] \cdot \frac{100 - CRF [\%]}{100} \tag{3.1}$$

where `OCS` is soil organic carbon stock, `ORC` is soil organic carbon mass fraction in permilles, `HOT` is horizon thickness in , `BLD` is soil bulk density in and `CRF` is volumetric fraction of coarse fragments (> 2 mm) in percent.

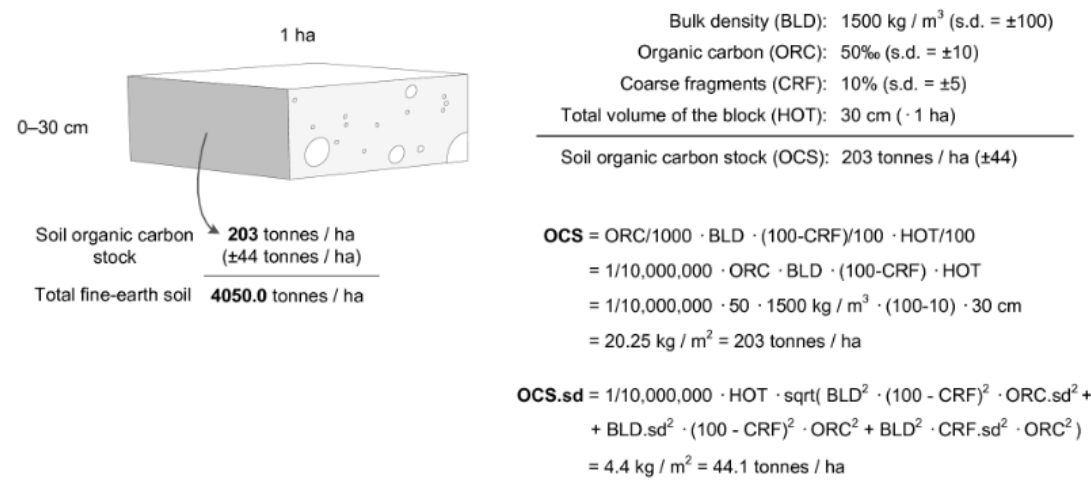


Figure 3.16: Soil organic carbon stock calculus scheme. Example of how total soil organic carbon stock (OCS), and its propagated error, can be estimated for a given volume of soil using organic carbon content (ORC), bulk density (BLD), thickness of horizon (HOT), and percentage of coarse fragments (CRF). Image source: Hengl et al. (2014) doi: 10.1371/journal.pone.0169748. OCSKGM function also available via the GSIF package.



Modelling
equal-area

T.F.A. B

^a Department of Agriculture

^b CSIRO Mathematical Sciences

Abstract

The objective of this paper is to demonstrate the quality of depth functions based on equal-area quadratic splines by the use of a soil profile data set. The data is examined by using an exponential decay function and the fitted depth function. The quality of the conventional root mean square and the fitted depth function and laboratory analysis (Red Kurosol), Podzol were measured including gravimetric water content, equal-area quadratic splines that controls goodness-of-fit vs. roughness. Their quality of fit varied with the λ value used and it was found that a λ value of 0.1 was the best overall predictor of the depth functions. The results also showed that using additional samples from the top and/or bottom of the soil profiles improved the prediction quality of the spline functions. © 1999 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: splines; equal-area quadratic splines; depth functions; modelling

4.1.1 Fit Mass Preserving Splines with R

We will demonstrate the mass-preserving spline fitting example for which there are measurements of soil maximum depth. We can fit a spline to the maximum any depth that does not exceed the maximum soil depth. The fitting splines is called `ea_spline` and is from the `soil` package. For more information about how the `ea_spline` function can be used, see the help file for further information on this function. The `SoilProfileCollection` from the `agp` package can be used to fit more generic data.frame class. In the example below, we use the `data.frame`. The data we need (`oneProfile`) is in

```
library(ithir)
data(oneProfile)
str(oneProfile)

## 'data.frame': 8 obs. of 4 variables:
## $ Soil.ID : num 1 1 1 1 1 1 1 1
## $ Upper.Boundary: num 0 10 30 50 70 120 150 200
## $ Lower.Boundary: num 10 20 40 60 80 100 120 150
## $ C.kg.m3 : num 20.7 11.7 8.2 6.2 4.2 3.2 2.2 1.2
```

Soil Attribute

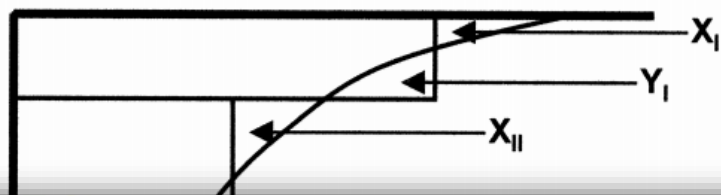
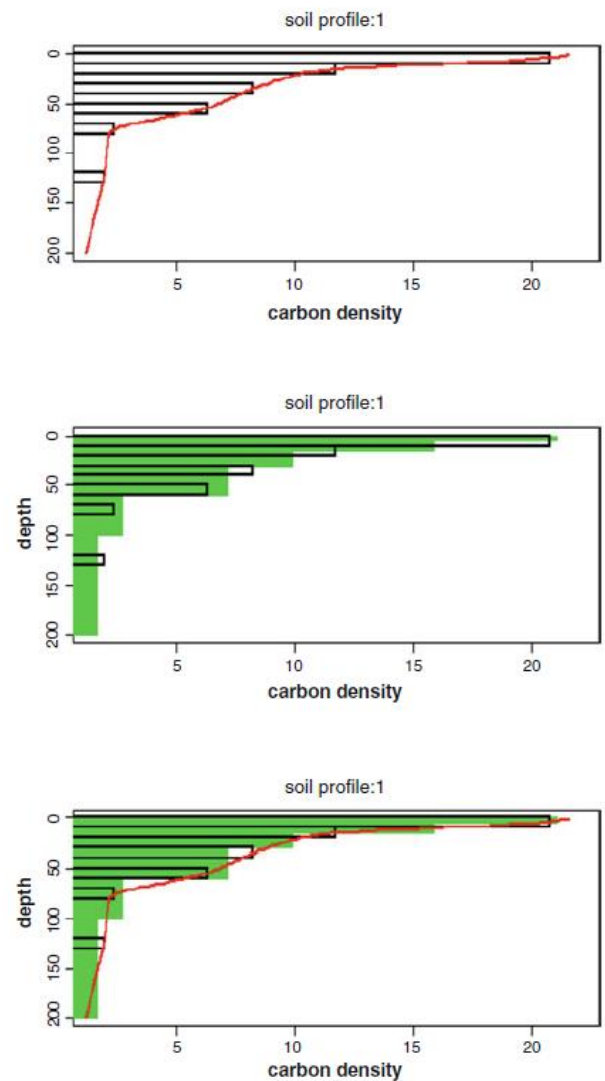
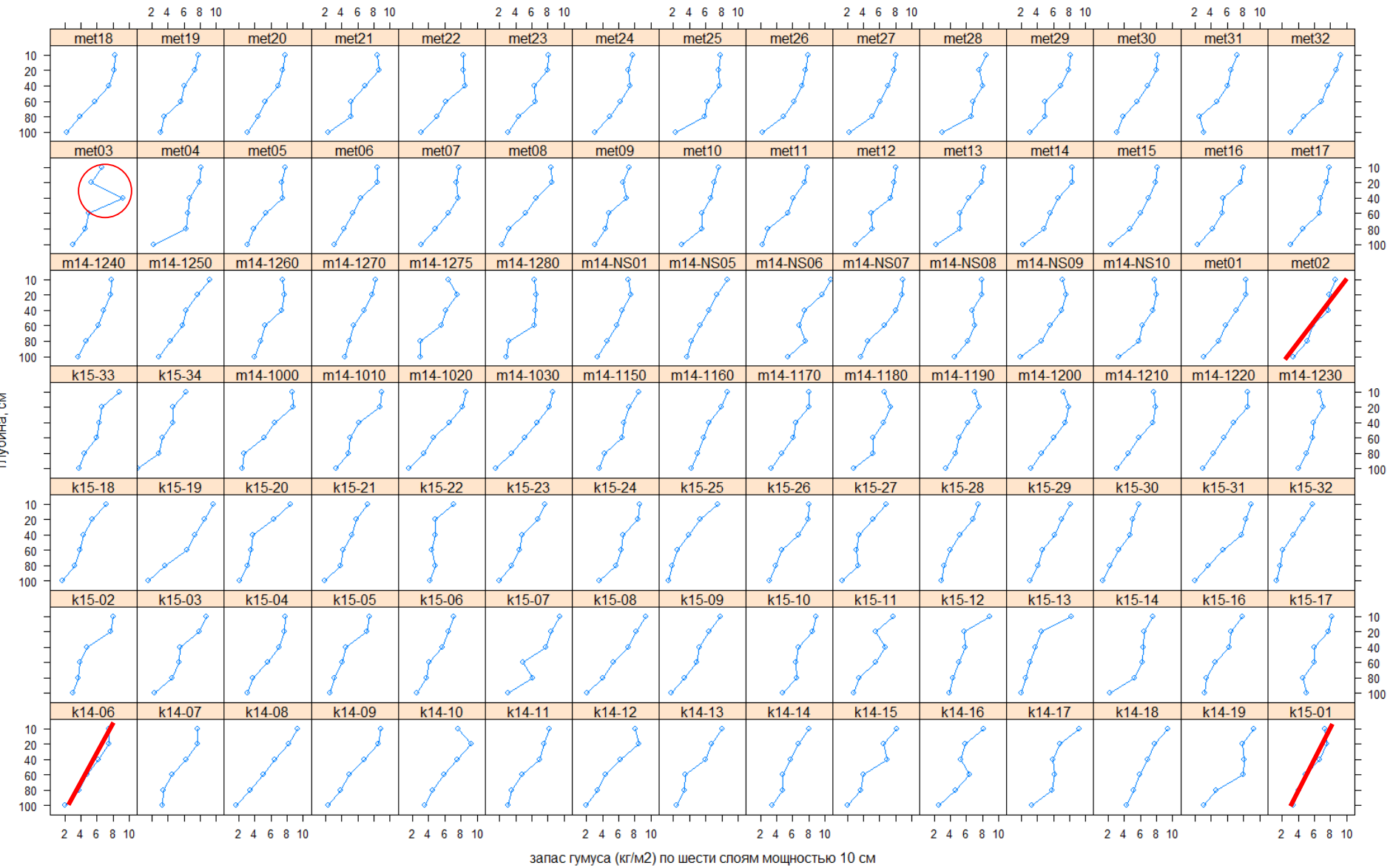


Fig. 4.2 Soil profile plot of the three type variants from plot_ea_spline. Plot 1 is type 1, plot 2 is type 2 and plot 3 is type 3



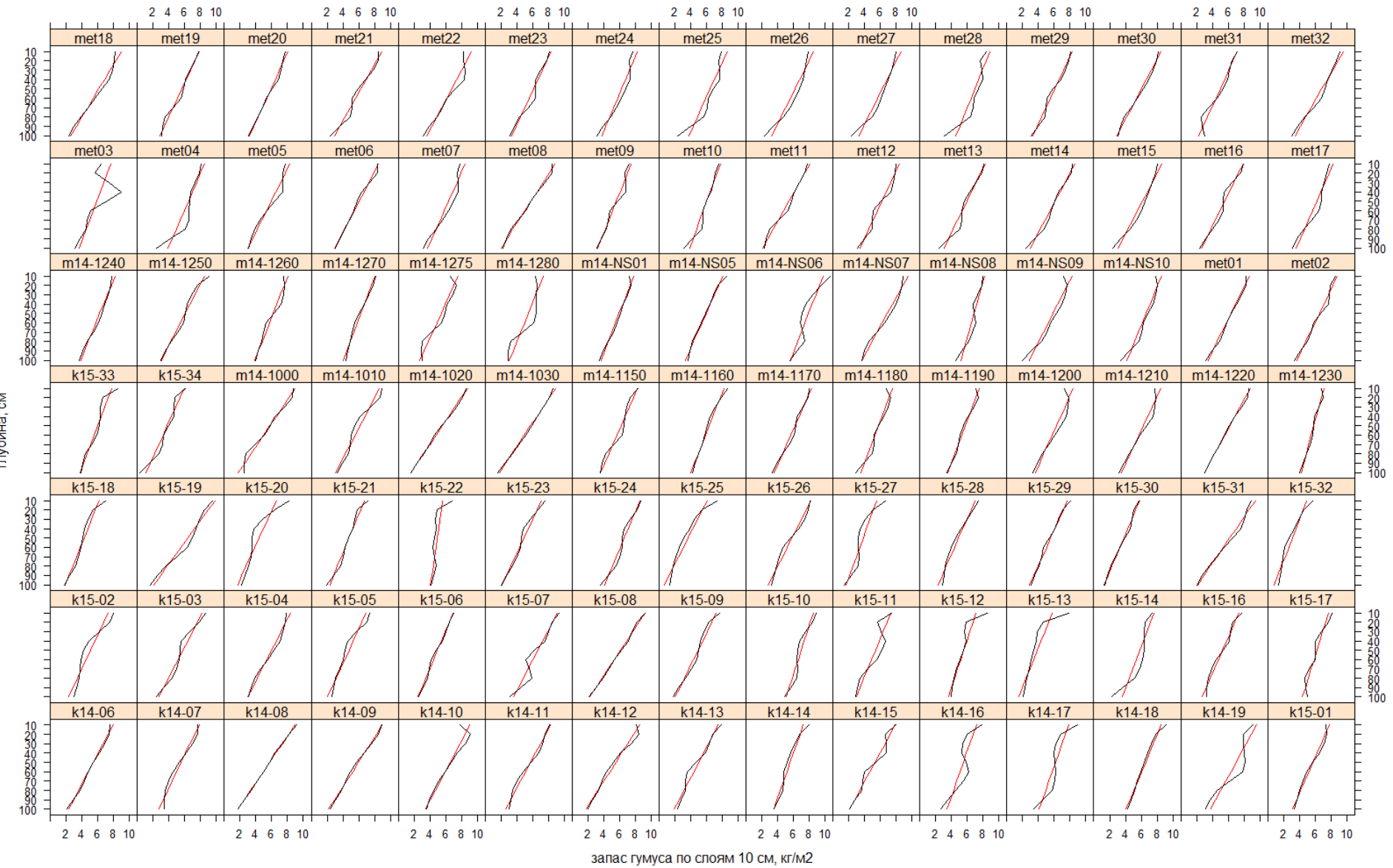
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

```
xyplot(variable ~ value | id, data = MET_hum, type = "b", xlab = "содержание гумуса, %", ylab = "глубина, см"),
```

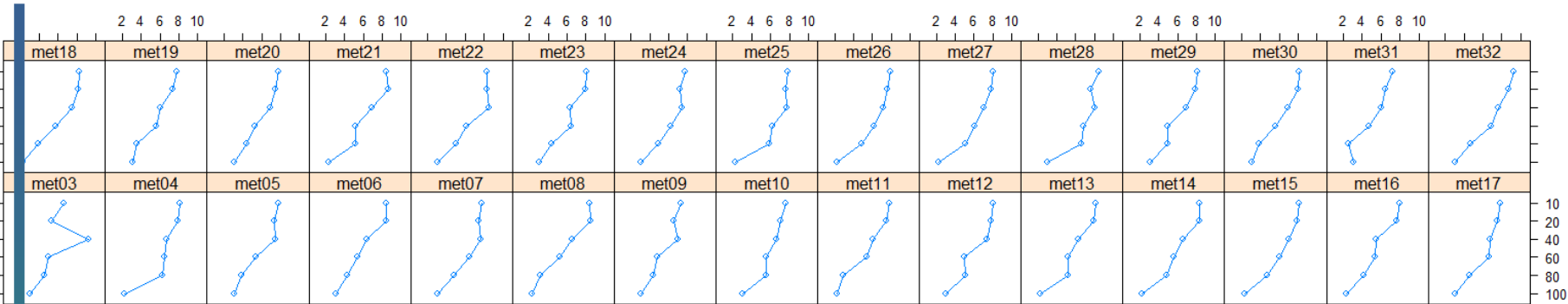


ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

```
xyplot(variable ~ value | id, data = MET_hum, type = "b", xlab = "содержание гумуса, %", ylab = "глубина, см"),
```



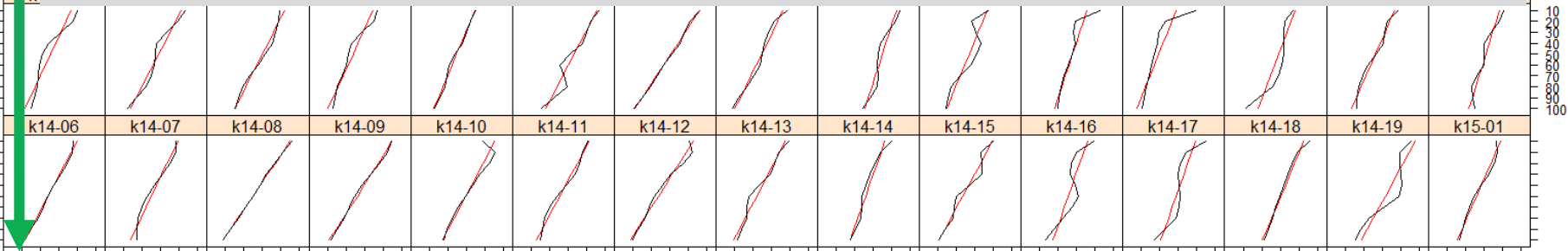
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



подготовка данных

ЗАДАЧА для R

- 1. аппроксимировать профиль запаса гумуса в метровом слое линейной функцией
- 2. сопоставить параметры функции с другими свойствами почв и факторами почвообразования (рельеф);
- 3. проверить H0 об отсутствии связи запасов с генезисом почв



РЕЗУЛЬТАТ

запас гумуса по слоям 10 см, кг/м2

РЕЗУЛЬТАТА — КОНЕЧНОЙ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ — НЕ СУЩЕСТВУЕТ

НУЛЕВАЯ ГИПОТЕЗА (H_0) – основное проверяемое предположение об отсутствии различий, отсутствие влияние фактора, отсутствие эффекта, равенство нулю значений характеристик модели и т.п.

ОШИБКА ПЕРВОГО РОДА —

отказаться от H_0 , в то время как она верна;

ОШИБКА ВТОРОГО РОДА —

принять H_0 , когда она на самом деле не верна

Уровень значимости (P -level) – вероятность ошибки первого рода при принятии решения (вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы), $p = 5\%$, $p = 1\%$, $p = 0.1\%$

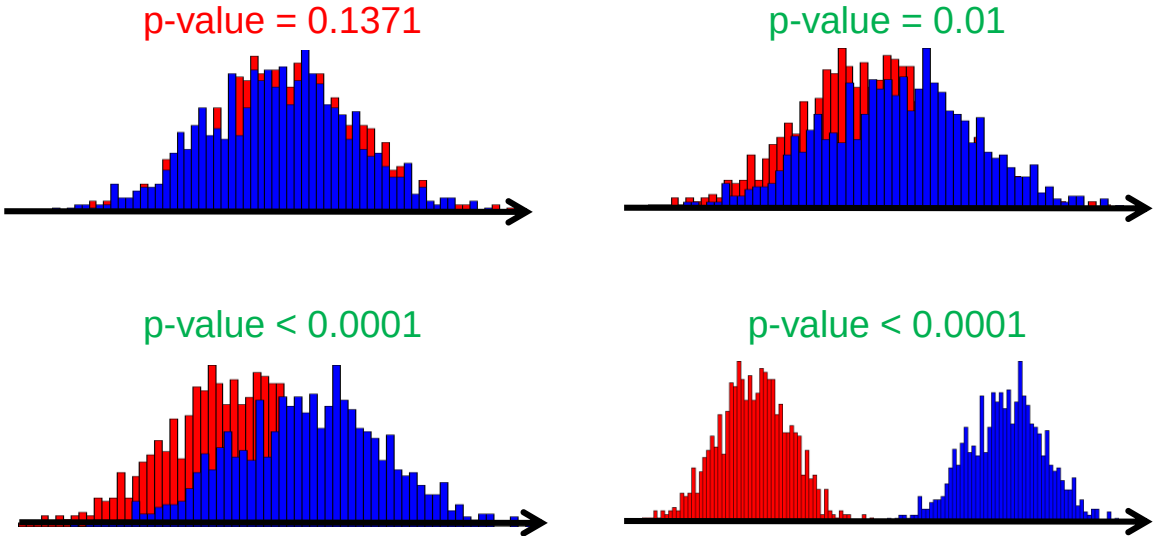
МАЛО = НЕ ДОСТОВЕРНО vs. МНОГО = ТРУДОЕМКО

НУЛЕВАЯ ГИПОТЕЗА

		ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ («ИСТИНА»)	
		ВЕРНА НУЛЕВАЯ ГИПОТЕЗА (H0)	ВЕРНА АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ГИПОТЕЗА (H1)
ВЫБОРКА («МОДЕЛЬ»)	ПРИНИМАЕМ НУЛЕВУЮ ГИПОТЕЗУ H0	ПРАВИЛЬНО ! H0 верно принята	H0 неверно принята ОШИБКА ВТОРОГО РОДА
	ПРИНИМАЕМ АЛЬТЕРНАТИВНУЮ ГИПОТЕЗУ H1	H0 неверно отвергнута ОШИБКА ПЕРВОГО РОДА	ПРАВИЛЬНО ! H0 верно отвергнута

Уровень значимости (*p-level, p-value*) – вероятность ошибки первого рода при принятии решения (вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы),
 $p = 0.05, p = 0.01, p = 0.001$

H0: средние двух выборок (n=1000) не различаются



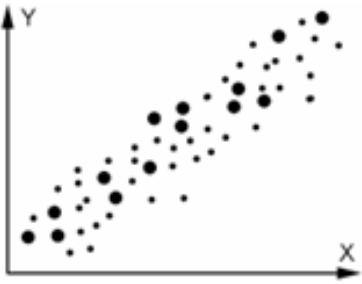
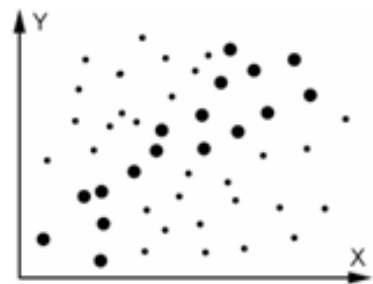
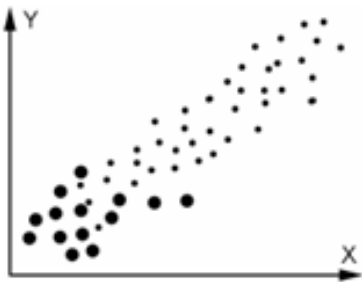
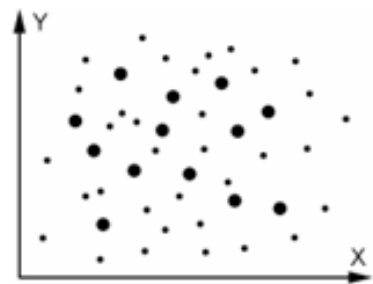
НУЛЕВАЯ ГИПОТЕЗА

		ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ («ИСТИНА»)	
		ВЕРНА НУЛЕВАЯ ГИПОТЕЗА (H_0)	ВЕРНА АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ГИПОТЕЗА (H_1)
ВЫБОРКА («МОДЕЛЬ»)	ПРИНИМАЕМ НУЛЕВУЮ ГИПОТЕЗУ H_0	ПРАВИЛЬНО ! Н0 верно принята	Н0 неверно принята ОШИБКА ВТОРОГО РОДА
	ПРИНИМАЕМ АЛЬТЕРНАТИВНУЮ ГИПОТЕЗУ H_1	Н0 неверно отвергнута ОШИБКА ПЕРВОГО РОДА	ПРАВИЛЬНО ! Н0 верно отвергнута

Статистические ошибки при исследовании зависимости между двумя признаками.

Мелкие точки – объекты генеральной совокупности,

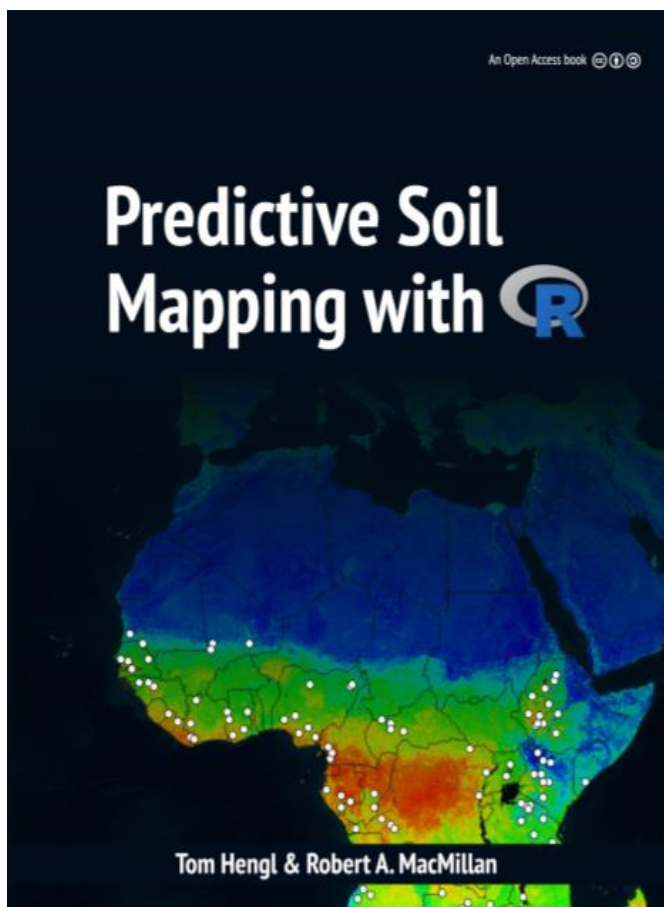
Крупные – объекты выборки.



Tomislav Hengl and Robert A. MacMillan

Predictive Soil Mapping for advanced R users

2019-03-17 <https://soilmapper.org>



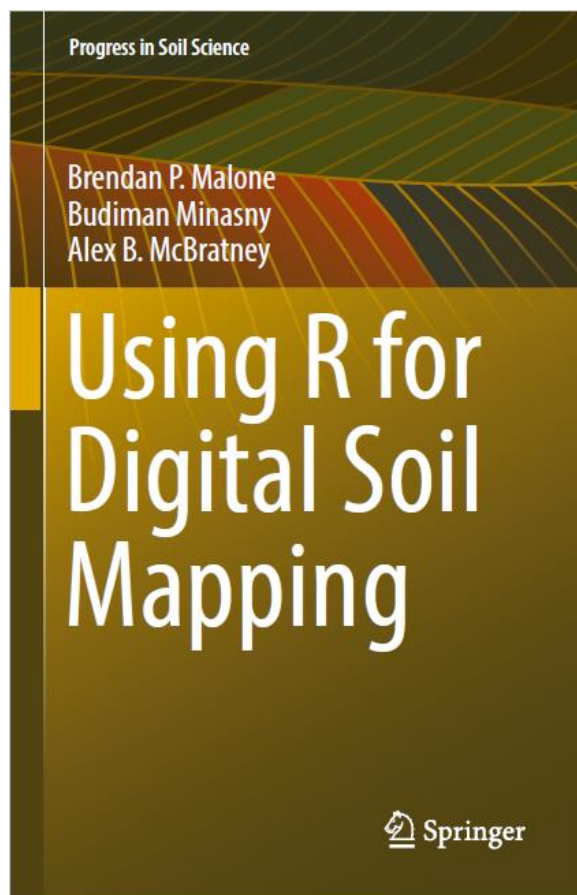
These materials are based on technical tutorials initially developed by the ISRIC's Global Soil Information Facilities (GSIF) development team over the period 2014–2017. This book is continuously updated.

- [Soil resource inventories and soil maps](#)
- [Software installation and first steps](#)
- [Soil observations and variables](#)
- [Preparation of soil covariates for soil mapping](#)
- [Statistical theory for predictive soil mapping](#)
- [Machine Learning Algorithms for soil mapping](#)
- [Spatial prediction and assessment of Soil Organic Carbon](#)
- [Practical tips for organizing Predictive Soil Mapping](#)
- [The future of predictive soil mapping](#)
- [References](#)

Malone, Brendan P., Minasny, Budiman, McBratney, Alex. B.

Using R for Digital Soil Mapping

Springer International Publishing. 2017 – 262 p.



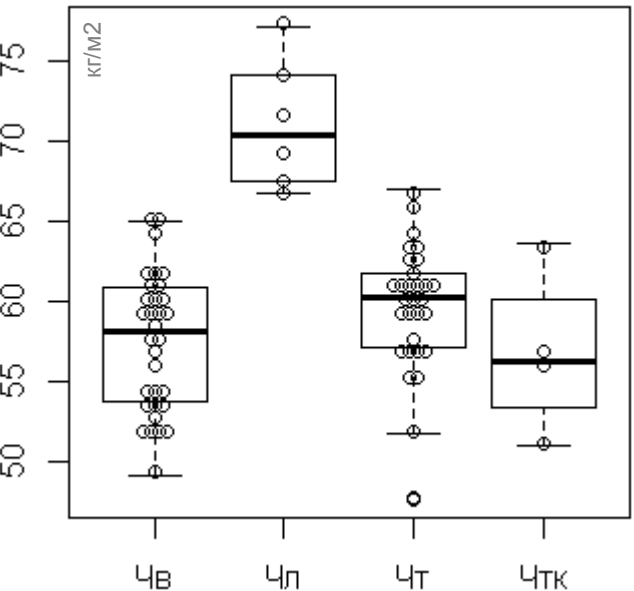
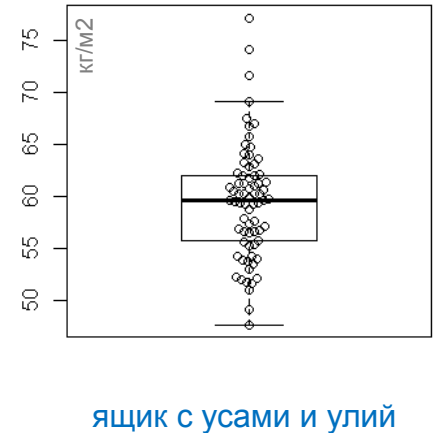
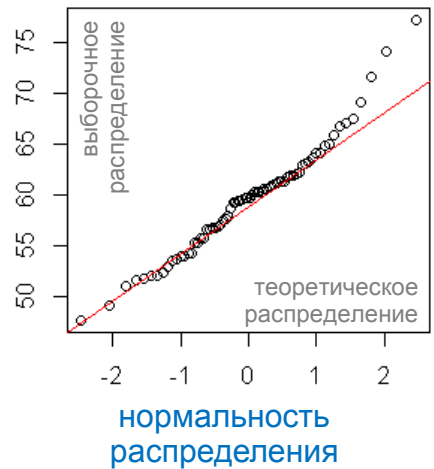
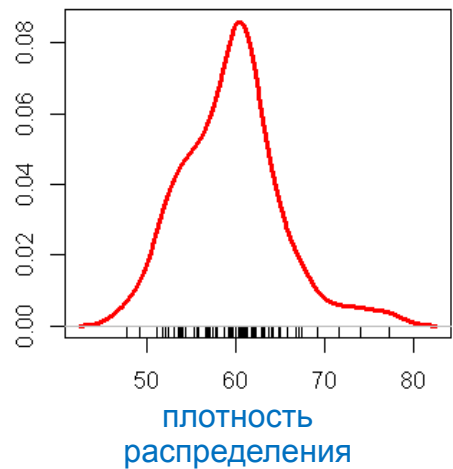
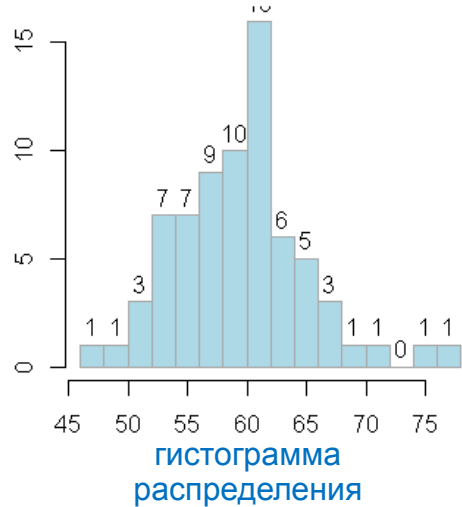
This book describes and provides many detailed examples of implementing Digital Soil Mapping (DSM) using R. The work adheres to Digital Soil Mapping theory, and presents a strong focus on how to apply it. DSM exercises are also included and cover procedures for handling and manipulating soil and spatial data in R. The book also introduces the basic concepts and practices for building spatial soil prediction functions, and then ultimately producing digital soil maps.

1. [Digital Soil Mapping](#)
2. [R Literacy for Digital Soil Mapping](#)
3. [Getting Spatial in R](#)
4. [Preparatory and Exploratory Data Analysis for Digital Soil Mapping](#)
5. [Continuous Soil Attribute Modeling and Mapping](#)
6. [Categorical Soil Attribute Modeling and Mapping](#)
7. ...

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

H0: запасы органического вещества в метровом слое черноземов равны
Чтк – типичный карбонатный, Чт – типичный, Чв – выщелоченный, Чл – лугово-черноземная почва

Порядок: 1. анализ распределений; 2. параметрический или непараметрический тест на различие средних



почва	N	сред.	тесты, p-level		
			норм. распр.*	Чт**	Чв**
Чтк	4	56.8	недостаточно данных		
Чт	30	59.7	0.009	—	
Чв	32	57.6	0.209	0.047	—
Чл	6	71.1	0.668	0.001	0.0001

* тест на нормальность, ** - тест на достоверность различий средних

ВЫВОД: с уровнем значимости 0.95 запасы гумуса в метровом слое различаются Чл – 71.1 кг/м²; Чт – 59.7 кг/м²; Чв – 57.6 кг/м²; для статистически обоснованного суждения по Чтк недостаточно исходных данных

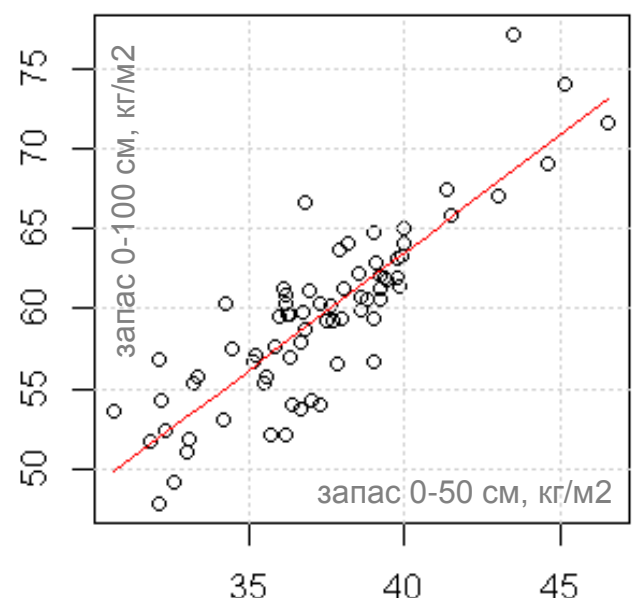
ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Н0: запасы органического вещества с глубиной меняются независимо

зависимая переменная (Y) — запасы гумуса в слое 0-100 см (h001m)

независимая переменная (X) — запасы гумуса в слое 0-50 см (h0050)

модель $Y = b_0 + b_1 \cdot X$



```
lm(formula = data$h001m ~ data$h0050)
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-5.7598 -1.5048 -0.0329  1.8413  8.4789

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   4.4578     4.0250   1.108  0.272
data$h0050    1.4763     0.1075  13.733 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.873 on 70 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7293
F-statistic: 188.6 on 1 and 70 DF, p-value: < 2.2e-16
```

- линейная модель вида $[запас\ 0-100\ см] = 0 + 1.5 \cdot [запас\ 0-50\ см]$ объясняет 72% ($R^2=0.72$) изменчивости запасов органического вещества в метровом слое при среднеквадратической ошибке прогноза 2.9 кг/м2 (Residual standard error: 2.873);
- значимость модели подтверждает высокое значение F-статистики, равное 189, и общий уровень значимости: p-value: 2.2e-16, что много меньше 0:001;
- увеличение запасов в слое 0-50 на 10 кг соответствует увеличению запасов в слое 0-100 см примерно на 15 кг. Значение константы линейной модели (b_0) недостоверно отличается от 0;
- Наибольшее положительное отклонение истинного значения от модельного составляет 8.5 кг, наибольшее отрицательное -5.8 кг;
- Почти половина остатков находится в пределах от первой квантили ($1Q = -1.5\ кг/м2$) до третьей ($3Q = 1.8\ кг/м2$)