

Научно-практическая конференция НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА
МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

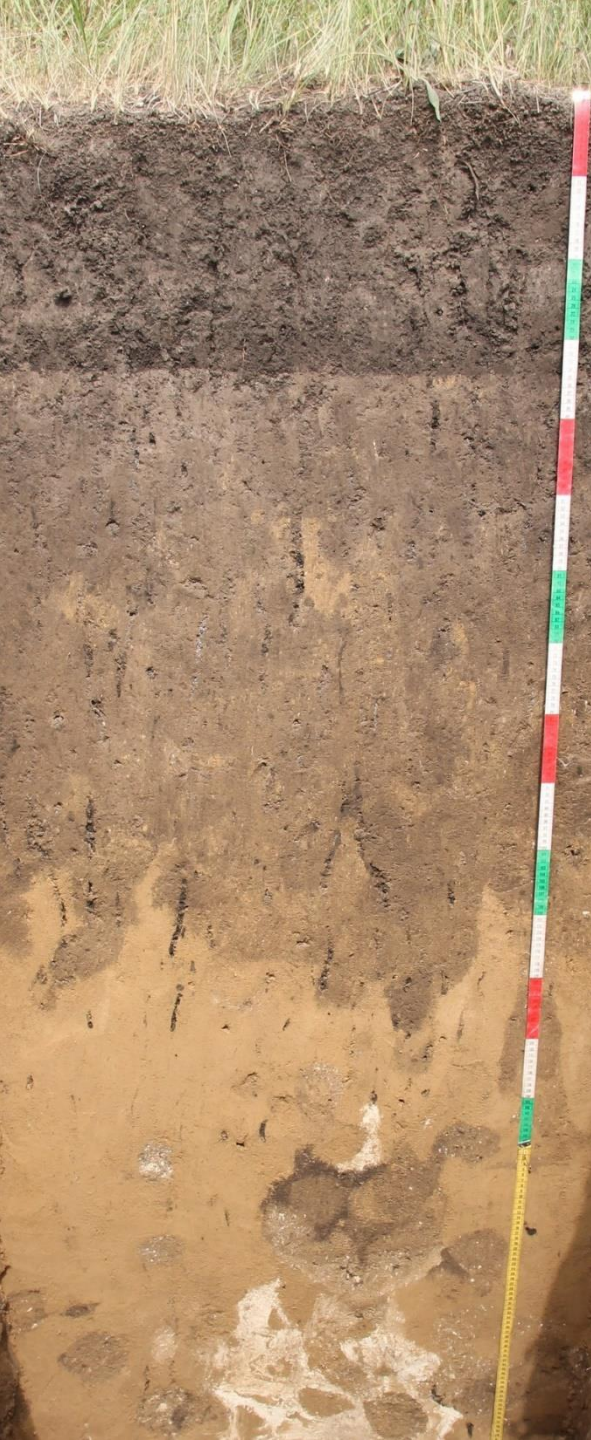
1-2 ноября 2023 г., ИНИОН, Москва

Наземный мониторинг бюджета углерода в почвах агроэкосистем Российской Федерации: от решения методических вопросов к созданию национальной сети

Даниил Николаевич Козлов,
Болотов А.Г., Столбовой В.С., Хитров Н.Б.,
Когут Б.М., Хаматнуров Ш.А.,
Лозбенев Н.И.

НОЦ «Углерод в экосистемах: мониторинг»
ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева
соглашение





РОЛЬ ПОЧВЫ КАК КОМПОНЕНТА БИОСФЕРЫ И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- регулятор биогеохимического круговорота и гидрологического стока
- связывание техногенных загрязнений (тяжелые металлы, радионуклиды)
- **связывание и депонирование парниковых газов** и повышение гумусированности почв для воспроизводства их плодородия

Статья 3,4 Киотского протокола (1997)

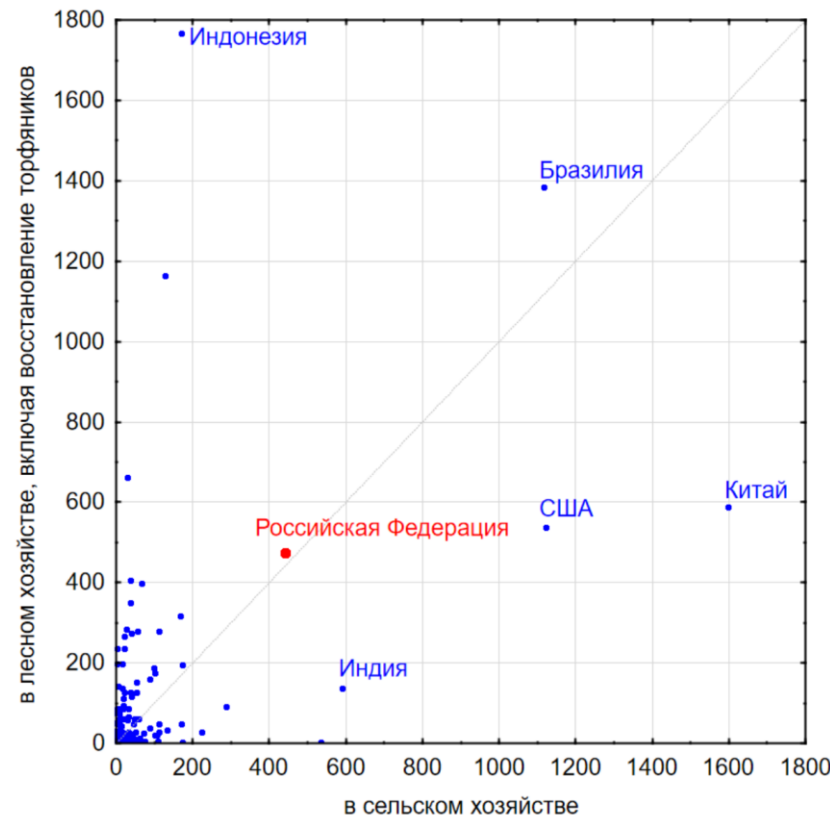
Инструменты снижения концентрации парниковых газов в атмосфере:

- ...
- возможность землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ), в том числе – *за счет изменения технологий с.х. производства **для накопления углерода в почвах**, например, переход на гумус сберегающие севообороты, сокращение механических обработок и др.*
- ...

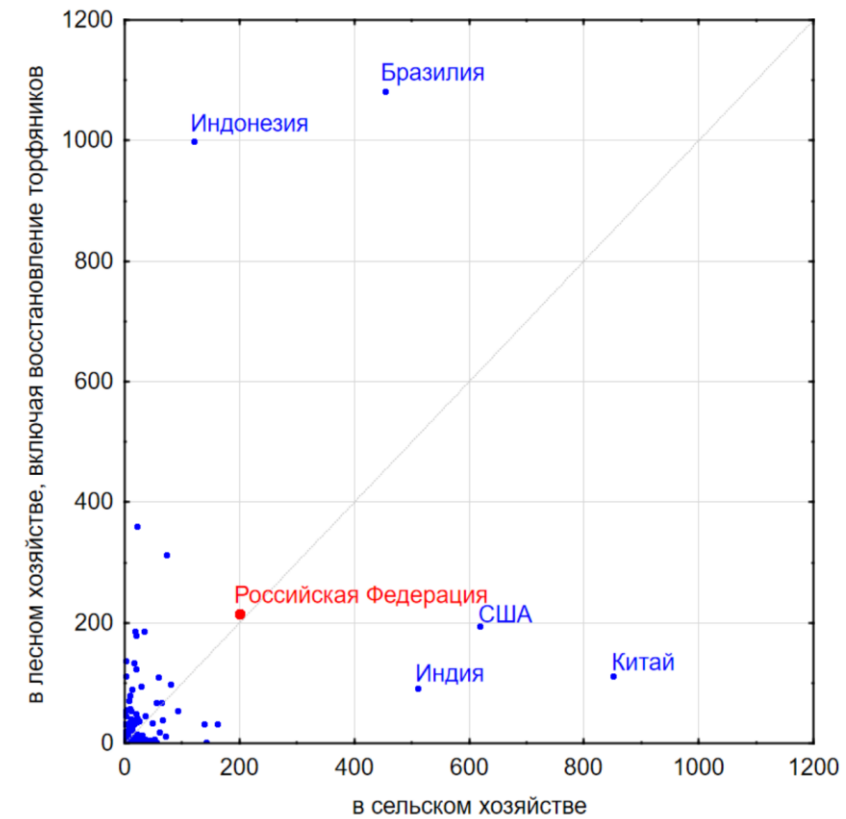
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СМЯГЧЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ СЕЛЬСКОЕ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ В 2020-2050 ГГ.



а) технически возможный



б) экономически эффективный при рыночной стоимости одной тонны CO₂-экв. – \$100



(млн т CO₂-экв. в год⁻¹)

Пятерка стран по размеру площади пашни (млн. га; Росстат):
США (162,8), Индия (157,9), **Россия (121,4)**, Китай (110,0), Бразилия (61,2)

[Roe et al., 2021; IPCC, 2022]

ПОТЕНЦИАЛ СМЯГЧЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СЕКТОРЕ СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО НА ПЕРИОД 2020-2050 ГГ.

млн т CO₂-экв. в год⁻¹

Сектор оценки			Технический потенциал		Рентабельный потенциал	
восстановление торфяников			136,9		103,3	
лесовосстановление			142,4	338,2	17,3	112,3
управление лесами (лесопользование)			195,8		95,0	
снижение эмиссии CH ₄ и N ₂ O в сельском хозяйстве	ферментация скота		0,52	1,78	0,49	0,84
	продукция животноводства		0,55		0,17	
	рисоводство		0,24		0,12	
	минеральные удобрения		0,48		0,07	
связывание углерода в сельском хозяйстве	накопление углерода в почвах	пашни	82,4	439,7	74,1	198,9
		лугов	53,9		32,4	
	агролесоводство		248,7		49,8	
	биоуголь		54,7		42,7	
Меры со стороны спроса на продукцию сельского и лесного хозяйства			90,2		51,8	
итого			1006,8		467,1	



Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)



ИГКЭ

ФГБУ "ИНСТИТУТ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЭКОЛОГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Ю. А. ИЗРАЭЛЯ"



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

О КАДАСТРЕ

антропогенных выбросов из источников

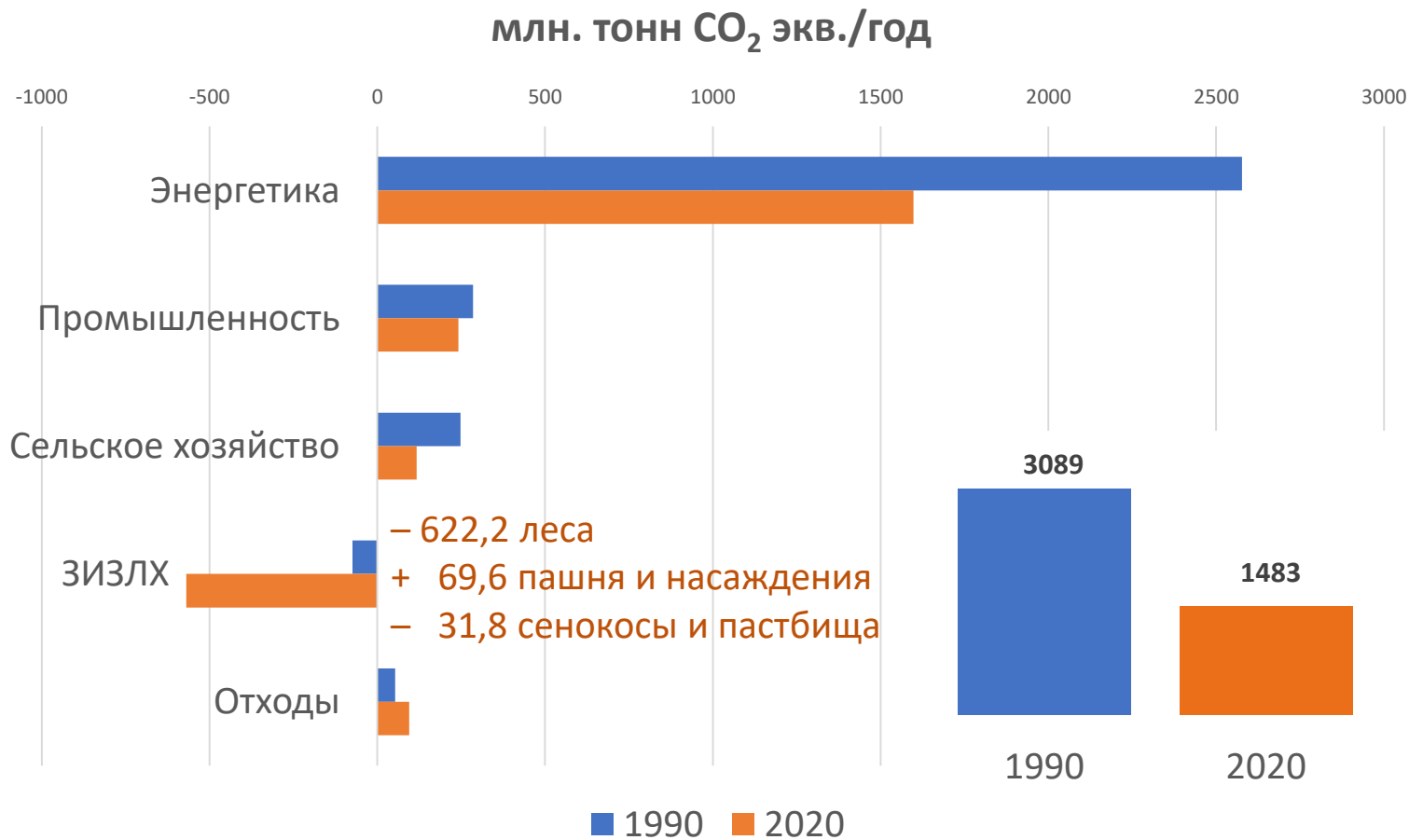
и абсорбции поглотителями

парниковых газов

не регулируемых Монреальским протоколом

за 1990 – 2020 гг.

Часть 1





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

О КАДАСТРЕ

антропогенных выбросов из источников
и абсорбции поглотителями
парниковых газов
не регулируемых Монреальским протоколом
за 1990 – 2020 гг.

Часть 1

Вклад сельхозугодий в баланс парниковых газов ЗИЗЛХ составляет 13,7%.

Однако **неопределенность этой оценки крайне высока**, поскольку:

- **не определен порядок оценки пространственно-временных изменений запасов органического углерода в минеральных почвах**, в том числе в результате изменений в системе управления земель;
- национальный коэффициент эмиссии углерода определен лишь для органогенных почв осушенных земель (2.8%);
- **оценки разницы средних запасов углерода почв, биомассы и мертвого органического вещества до и после конверсии игнорируют особенности природных и хозяйственных условий РФ** (уровень 1 по умолчанию МГЭИК (TIER 1), *стр. 301 Кадастра*);
- принято, **что практика ведения хозяйства и режимы использования пахотных и кормовых угодий не изменялись.**

Учитывая, что изменений в системе управления постоянными пахотными землями, а также постоянными кормовыми угодьями в течение отчетного периода в России не происходило, оценки по Уровню 1 дают нулевое изменение запасов. Поэтому в соответствующих строках таблиц ОФД использовано условное обозначение "NO". В будущем планируется изучить возможность разработки альтернативного метода Уровня 3 для оценки изменений запасов почвенного углерода на этих землях. стр. 299

ИСПОЛНЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РКИК ООН'92 – Киото протокол'04 – Париж'15

1.

Направленное воздействие

- снижение выбросов
- увеличение поглощения

2.

Порядок расчета изменений
запасов углерода в его пулах
(TIER 1 –TIER 2 – TIER 3)

- 2.1 данные хозяйственной деятельности предприятий промышленности, энергетики, АПК и лесного хозяйства
- 2.2 сбор, первичный синтез и проверка данных от субъектов экономической деятельности профильными ведомствами
- 2.3 расчёт выбросов и адсорбции парниковых газов по секторам экономики
- 2.4 специальные исследования для сбора недостающих данных и параметров
- 2.5 оценка выбросов и адсорбции парниковых газов

3.

Национальный кадастр
антропогенных выбросов ...

4.

РКИК ООН

ИСПОЛНЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РКИК ООН'92 – Киото протокол'04 – Париж'15

1.

Направленное воздействие

- снижение выбросов
- увеличение поглощения

Задача 1:

Совершенствование
нормативно-правовых и
организационных форм
сбора отраслевой
отчётности, в том числе – в
сельскохозяйственном
землепользовании

2.

Порядок расчета изменений
запасов углерода в его пулах
(TIER 1 –TIER 2 – TIER 3)

2.1 данные хозяйственной деятельности
предприятий промышленности,
энергетики, АПК и лесного хозяйства

2.2 сбор, первичный синтез и проверка
данных от субъектов экономической
деятельности профильными
ведомствами

2.3 расчёт выбросов и адсорбции
парниковых газов по секторам экономики

2.4 специальные исследования для сбора
недостающих данных и параметров

2.5 оценка выбросов и адсорбции
парниковых газов

3.

Национальный кадастр
антропогенных выбросов ...

4.

РКИК ООН

Задача 2:

Научно-методическое
обеспечение расчёта объема
поглощения парниковых
газов, в том числе – в
сельскохозяйственном
землепользовании

ИСПОЛНЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РКИК ООН'92 – Киото протокол'04 – Париж'15

1.

Направленное воздействие

- снижение выбросов
- увеличение поглощения

2.

Порядок расчета изменений
запасов углерода в биомассе
и почвах с/х угодий
(TIER 1 – TIER 2 – TIER 3)

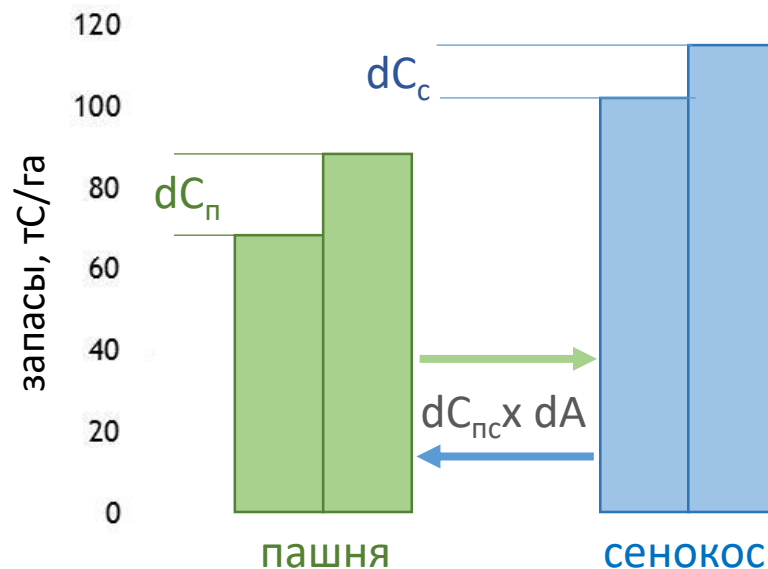
3.

Национальный кадастр
антропогенных выбросов ...

4.

РКИК ООН

в сельскохозяйственном землепользовании



Вид землепользования по пулам
(биомасса, почва) в разные годы

БЮДЖЕТ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ АГРОЭКОСИСТЕМ

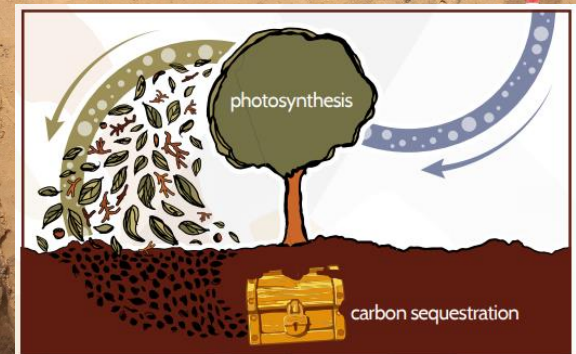
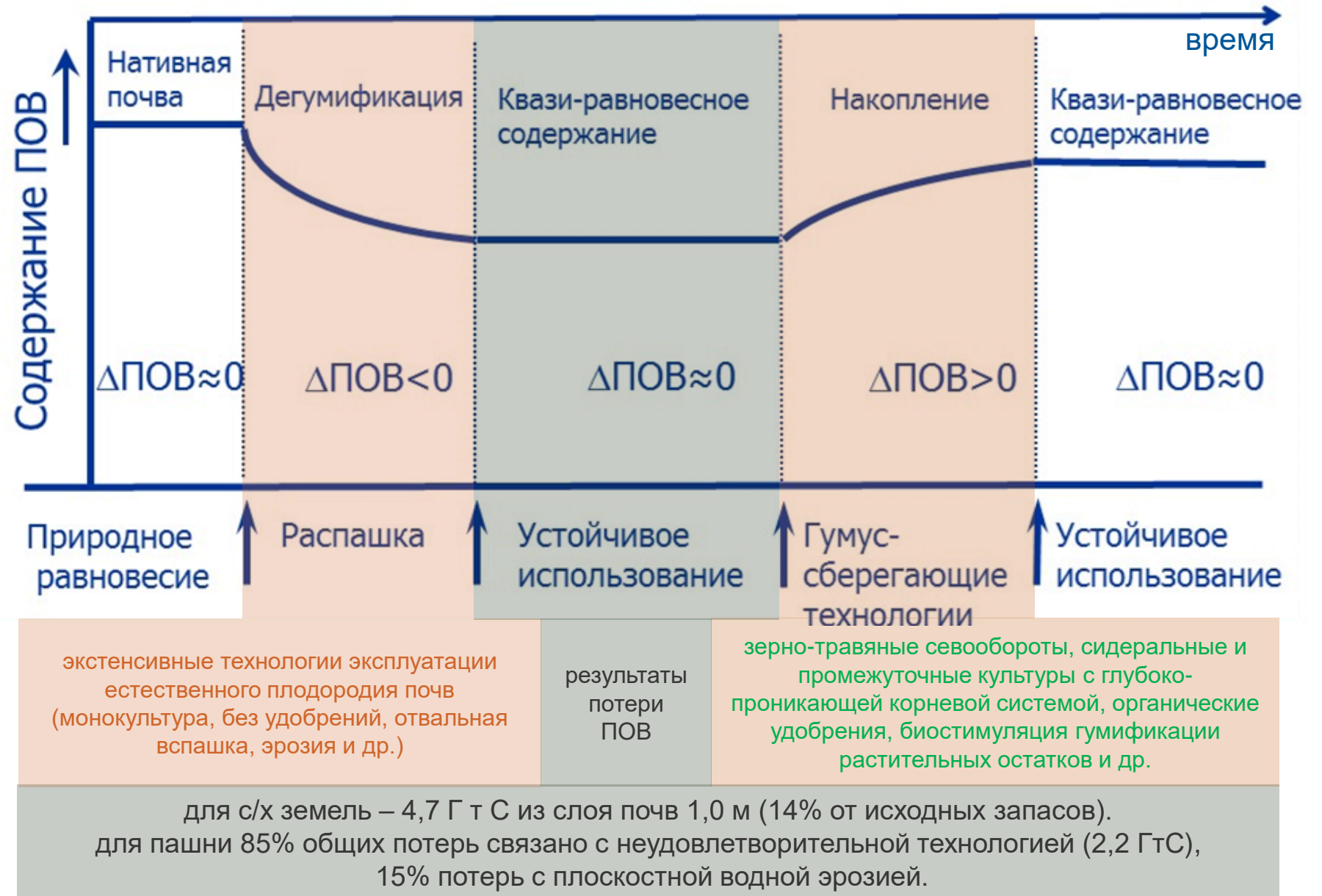


FIG. 5: THE WORLD'S SOILS CAN ACT AS A CARBON SINK



Темпы секвестрации углерода в пахотном слое почв при разных практиках земледелия не превышают 1 тС/га в год [118].

За 20-лет такие темпы соответствуют увеличению содержания углерода в пахотном горизонте почв средней плотностью 1,3 г/см³ всего **на 0,5%**.

Эта предельно малая величина, достоверность оценки которой предъявляет высокие требования к методике проведения почвенного опробования, пробоподготовки и аналитических работ.



на фоне пространственной и сезонной изменчивости запасов С, и его аналитических ошибок их определения

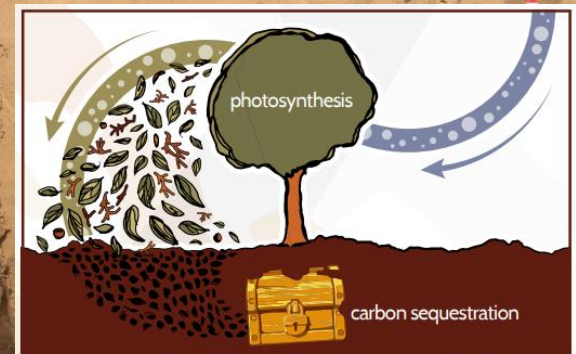


FIG. 5: THE WORLD'S SOILS CAN ACT AS A CARBON SINK

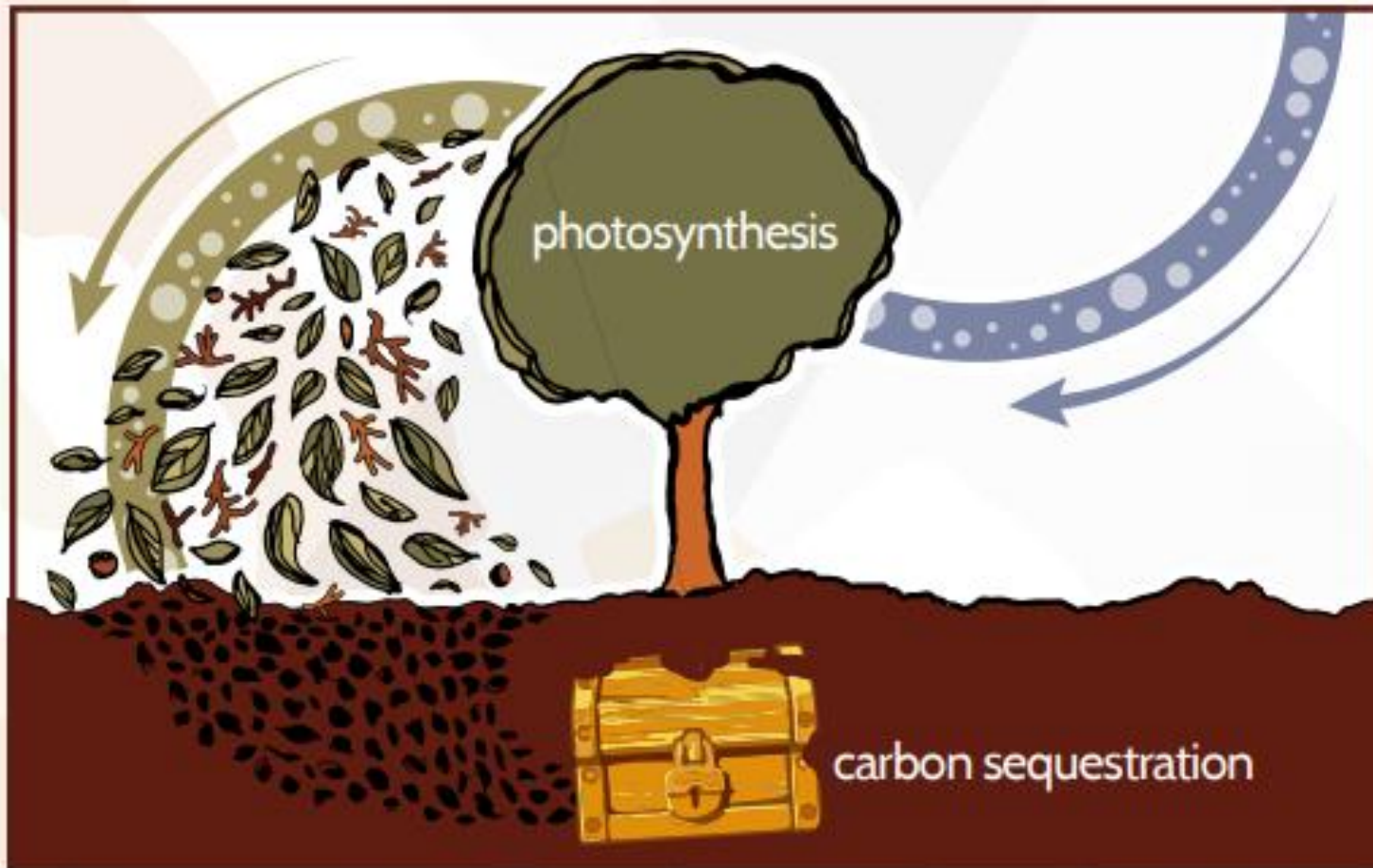
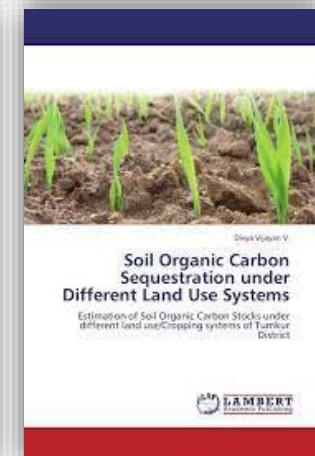
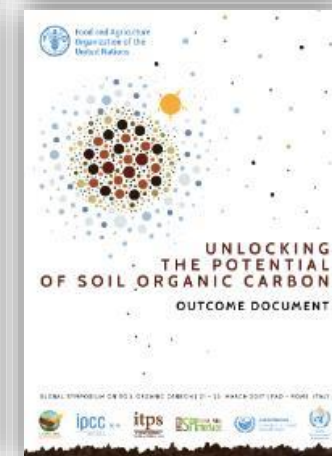
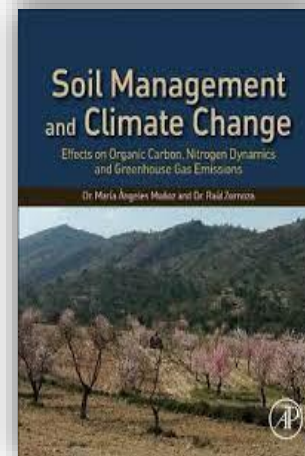
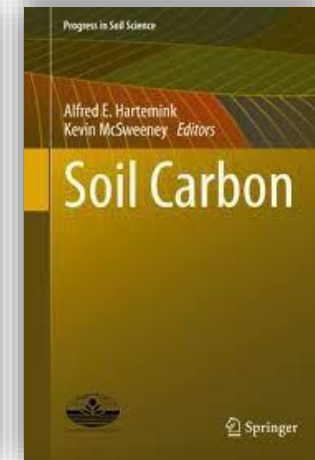
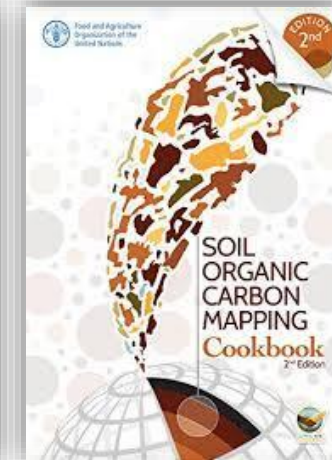
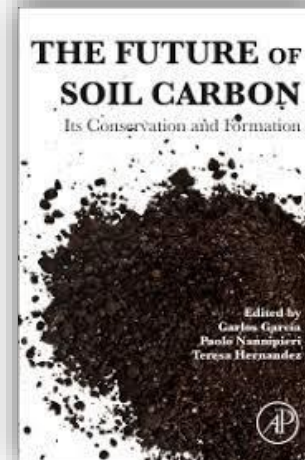
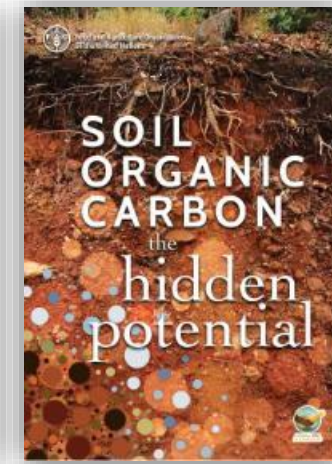
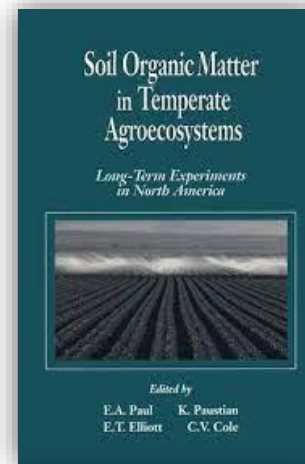


FIG. 5: THE WORLD'S SOILS CAN ACT AS A CARBON SINK

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

Version 2

Vladimir Stolbovoy, Luca Montanarella, Nicola Filippi, Arwyn Jones, Javier Gallego* and Giacomo Grassi

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

2007

EUR 21576 EN/2

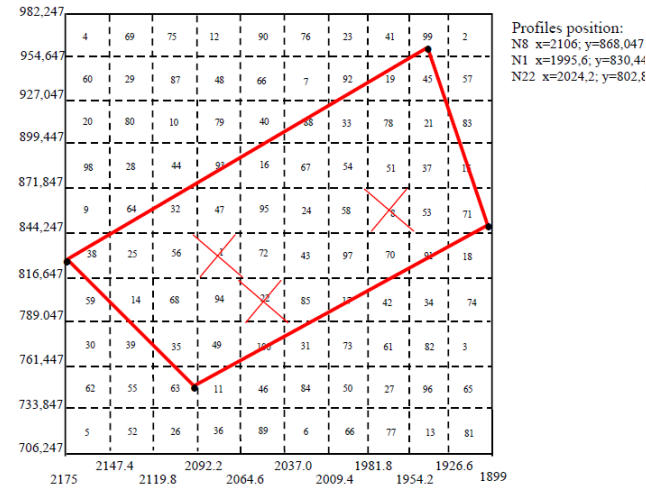


Figure 3. Adaptation of the template to the cropland plot and soil profiles positioning (red crosses).

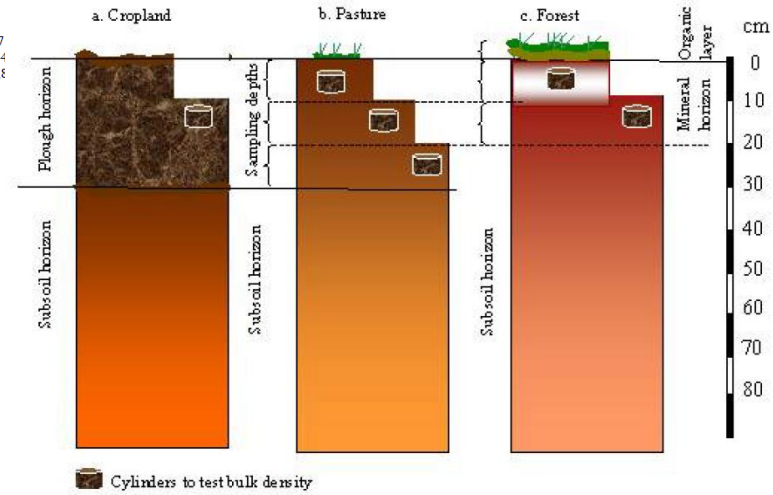


Figure 3. Principal structure and the scheme of soil profile sampling

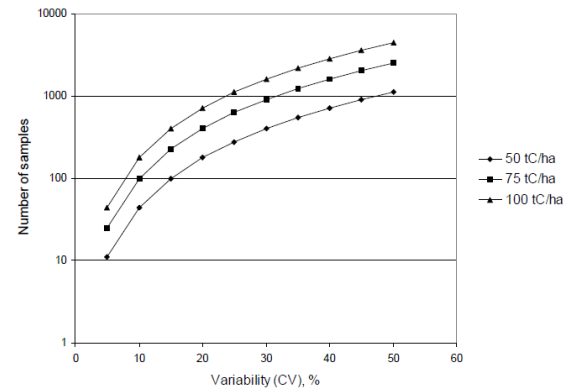
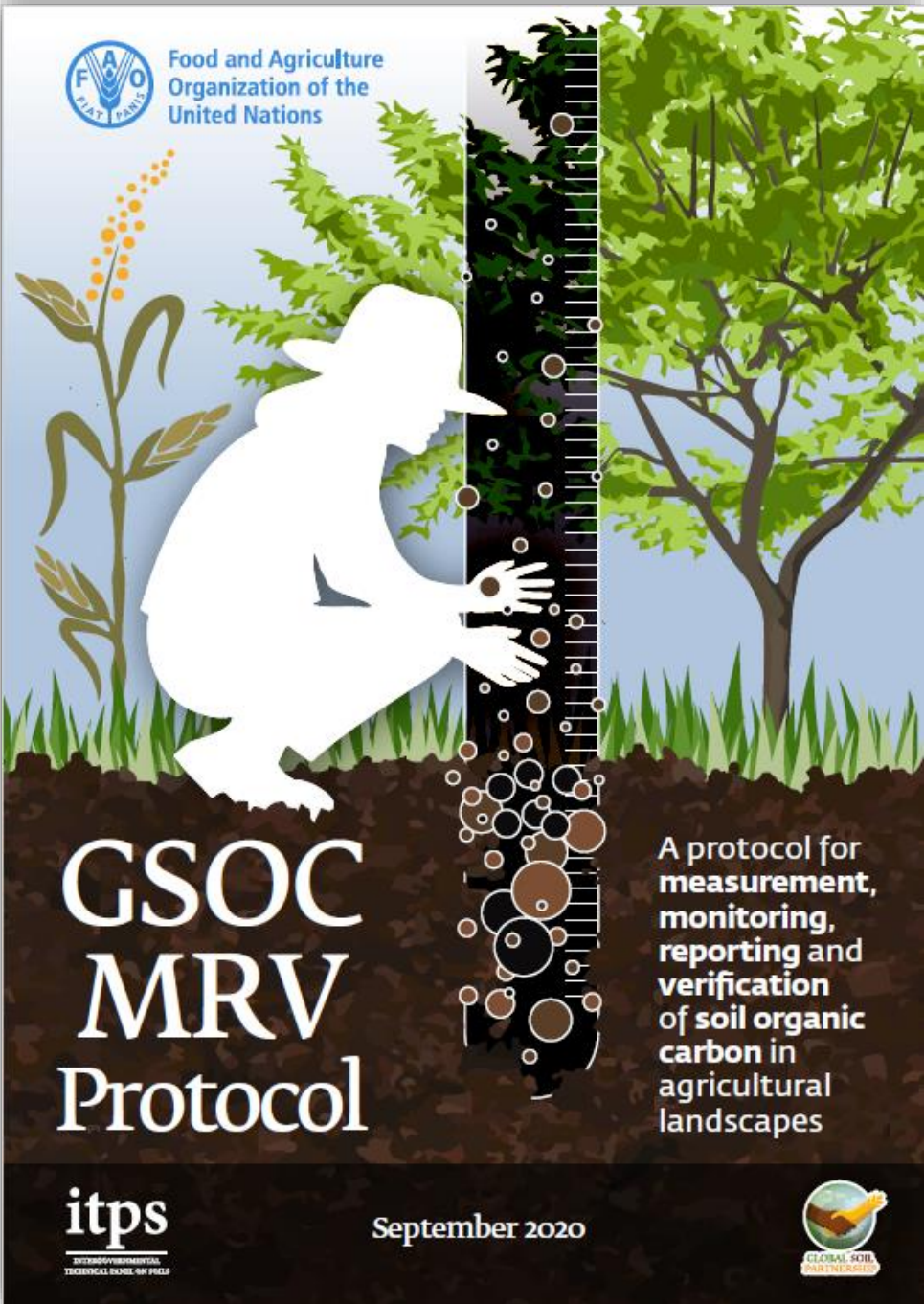


Figure 7. Number of samples for simple random sampling depending on the SOC variability and the average SOC (minimum detectable changes of 1.5 tC/ha, 95% confidence).

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



Предназначен для стандартизации измерений, формирования отчетности и верификации изменений запасов органического углерода почв при реализации аграрных проектов в рамках отдельного хозяйства:

- минимальный срок реализации проекта 8 лет
- измерения пулов углерода (содержание и объемная плотность) в начале реализации проекта и каждые 4 года
- оценка выбросов по методике МГЭИК (2019)
- моделирование запасов органического углерода
- регулярная отчетность



прямой посев



севооборот



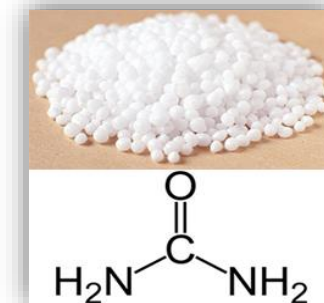
многолетние травы



сидераты



органические
удобрения



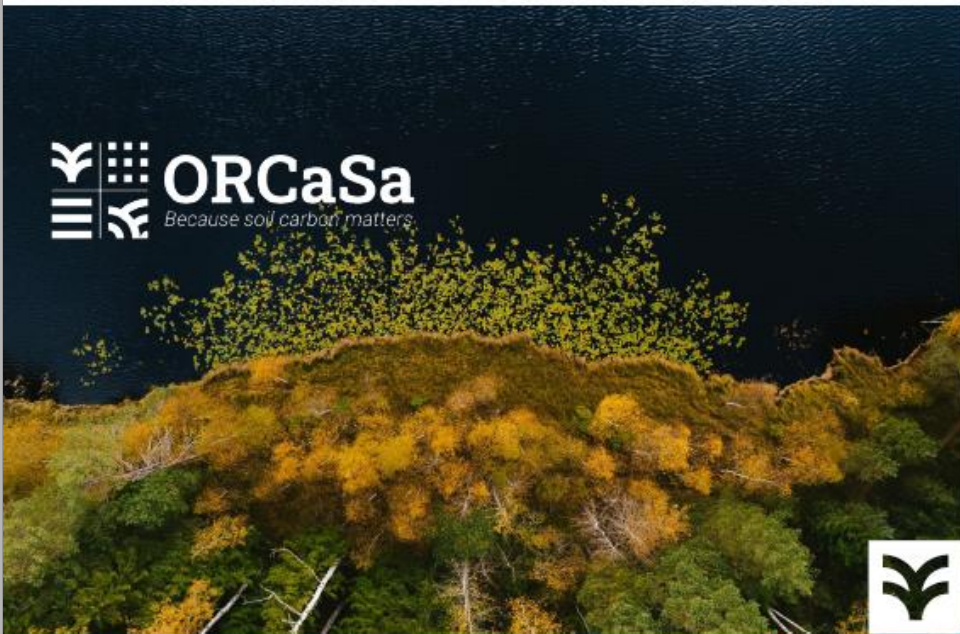
минеральные
удобрения



биопрепараты
гумификации



борьба с
уплотнением почв



INTERNATIONAL REVIEW OF CURRENT MRV INITIATIVES FOR SOIL CARBON STOCK CHANGE ASSESSMENT AND ASSOCIATED METHODOLOGIES

Contents

List of Figures	44
List of Tables	45
1. Introduction.....	46
1.1 Background	47
1.2 Aims of review.....	47
2. Description of main MRV components.....	47
2.1 Context	49
2.2 Monitoring	49
2.2.1 Data Preparation.....	49
2.2.2.1 General considerations	49
2.2.2.2 Earth observation.....	51
2.2.2.3 Experiments and flux measurements.....	55
2.2.2.4 Direct (soil) measurements.....	59
2.2.2.5 Activity data	65
2.2.2.6 Spatial data layers	68
2.2.3 Data analytics	73
2.2.3.1 General considerations	73
2.2.3.2 Process-based models.....	75
2.2.3.3 Data-driven models.....	78
2.2.3.4 Hybrid models.....	81
2.2.3.5 Current operational tools and carbon farming so.....	85
2.2.3.6 Towards operational hybrid approaches for diffe.....	85
2.3 Reporting	87
2.3.1 Reporting SOC stock change in national GHG invento.....	89
2.3.2 Reporting SOC stock change for C offset standards.....	97
2.4 Verification	97
2.4.1 Verification of SOC stock changes in GHG national ir.....	97
2.4.2 Verification of SOC stock and SOC management cha.....	97
2.5 Uncertainty assessment.....	97
2.5.1 Statistical modelling of uncertainty.....	97
2.5.2 Sources of uncertainty	97
2.5.3 Uncertainty propagation.....	97
2.5.4 Upscaling uncertainties.....	97
2.5.5 Statistical validation	97
3. Inventory and classification of current MRVs	97
3.1 General considerations	97
3.2 Earmarked guidelines and approved methodologies.....	97
3.2.1 Guidelines	97
3.2.2 Approved methodologies.....	97
3.3 Classification characteristics.....	97
3.4 Characterisation of reviewed MRV systems and methodologies.....	97
4. Towards an integrative and multi ecosystem MRV framework for SOC stock changes	97
4.1 Motivations toward a more unified but adaptative MRV framework for SOC stocks assessments	97
4.2.1 Monitoring.....	97
4.2.2 Reporting and verification.....	97
5. Conclusions	97
ACKNOWLEDGEMENTS	97
APPENDIX - Example of a support MRV protocol	97
GLOSSARY	97
REFERENCES	97

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ:
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

© 2023 г. Н. Б. Хитров*, * (ORCID: 0000-0001-5151-5109), Д. А. Никитин* (ORCID: 0000-0002-8533-6536),
Е. А. Иванова* (ORCID: 0000-0003-1589-9875), М. В. Семенов* (ORCID: 0000-0001-6811-5793)

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

**e-mail: khitrovn@gmail.com*

Поступила в редакцию 04.05.2023 г.

После доработки 16.07.2023 г.

Принята к публикации 17.07.2023 г.

Цель аналитического обзора – систематизировать сведения о количественных характеристиках изменчивости содержания и запаса органического углерода ($C_{орг}$) в почвах. Рассмотрены оценки правильности и воспроизводимости определения содержания $C_{орг}$, пространственной вариабельности и неоднородности $C_{орг}$ на разных уровнях строения почвенного покрова, изменения во времени. Показано, что пространственная составляющая является самым мощным фактором изменчивости $C_{орг}$ в почвах. Выявлен тренд увеличения абсолютного стандартного отклонения и коэффициента вариации содержания и запаса $C_{орг}$ в почве по мере увеличения логарифма площади исследуемого участка. Он проявляется на фоне широкого разброса значений показателей пространственного варьирования в каждом узком диапазоне изменения площади участка. Это приводит к высокой неопределенности оценок по мере увеличения охвата территории. Среди используемых методов определения содержания $C_{орг}$ предпочтительным считается прямой метод сухого сжигания. Он позволяет получать правильные (т.е. с наименьшими систематическими отклонениями) и хорошо воспроизводимые данные. Косвенные методы Тюрина и Walkley-Black систематически занижают содержание $C_{орг}$ и имеют воспроизводимость, сопоставимую с амплитудой сезонной динамики и с минимальными значениями характеристик пространственного варьирования в пределах элементарного почвенного ареала. Для получения оценок многолетнего тренда изменения $C_{орг}$ требуется строгое соблюдение жестких условий мониторинга на интервалах времени более 15 лет. Запас $C_{орг}$ варьирует в пространстве сильнее, чем содержание $C_{орг}$, что еще больше повышает требования к мониторингу.

Ключевые слова: органический углерод почвы, аналитическая воспроизводимость результатов, пространственное варьирование, сезонная динамика, многолетний тренд

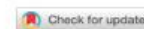
DOI: 10.31857/S0032180X23600841, EDN: DQYRHW

ВВЕДЕНИЕ

Проблема глобального изменения климата Земли тесно связана с исследованием цикла углерода в почвах [118, 119]. Многие почвенные процессы напрямую связаны с динамикой соединений углерода. В почвах осуществляются процессы разложения, трансформации и минерализации поступающего в них органического вещества (ОВ) из биоценоза или в результате хозяйственной деятельности человека, растворение и формирование карбонатных минералов, выделение в атмосферу углекислого газа, образовавшегося в результате дыхания корней растений, почвенной фауны, микроорганизмов. Также в почве происходит минерализация ОВ, миграция с почвенными растворами в грунтовые воды ионов

CO_3^{2-} , HCO_3^- , растворенных органических, органических и минеральных веществ и углекислого газа.

В состав ОВ почвы входят растительные остатки и животные останки разной степени разложения, неспецифические ОВ индивидуальной природы (лигнин, белки, углеводы, липиды, воска, смолы, нуклеиновые кислоты и прочие), гумус, органические соединения. ОВ является ключевым компонентом почвы, влияющим на ее физические, химические и биологические свойства, определяя ее плодородие, урожайность сельскохозяйственных культур и экологическое функционирование [42]. Содержание и формы органического углерода ($C_{орг}$) являются результатом взаимодействия таких экосистемных процессов, как фотосинтез, дыхание, разложение, трансформация и минерализация ОВ [44, 88].



Ссылки для цитирования:

Когут Б.М., Милановский Е.Ю., Хаматнуров Ш.А. О методах определения содержания органического углерода в почвах (критический обзор) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2023. Вып. 114. С. 5-28. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-114-5-28

Cite this article as:

Kogut B.M., Milanovsky E.Yu., Hamatnurov Sh.A., Methods for determining the organic carbon content in soils (critical review), Dokuchaev Soil Bulletin, 2023, V. 114, pp. 5-28, DOI: 10.19047/0136-1694-2023-114-5-28

Благодарность:

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения “Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах” (рег. № 123030300031-6).

Acknowledgments:

The work has been carried out within the framework of the most important innovative state project “Development of the system of ground-based and remote monitoring of carbon pools and greenhouse gas fluxes on the territory of the Russian Federation, providing for the creation of a system of accounting data on the fluxes of climatically active substances and the carbon budget in forests and other terrestrial ecological systems” (registration No. 123030300031-6).

О методах определения содержания
органического углерода в почвах
(критический обзор)

© 2023 г. Б. М. Когут^{1*}, Е. Ю. Милановский²,
Ш. А. Хаматнуров¹

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2,
**e-mail: kogutb@mail.ru*



ВИП ГЗ "ЕДИНАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ"

НОЦ «Углерод в экосистемах: мониторинг»

сеть мониторинг:

2024 г. — 259 полигонов

2030 г. — 1329 полигонов



№	Субъект	почвы	площадь ок, шт.	образцов, шт.	
				С орг	плот- ность
1	Тверская	Пд	13	1170	780
2	Курская	Чт и Чв	9	315	189
3	Ростовская	Чо и Чю	7	951	240
4	Волгоградская	Чо, Чю и Кш	7	351	212
5	Самарская	Чв и Чт	10	1264	310

БЮДЖЕТ УГЛЕРОДА В АГРОЭКОСИСТЕМАХ РОССИИ

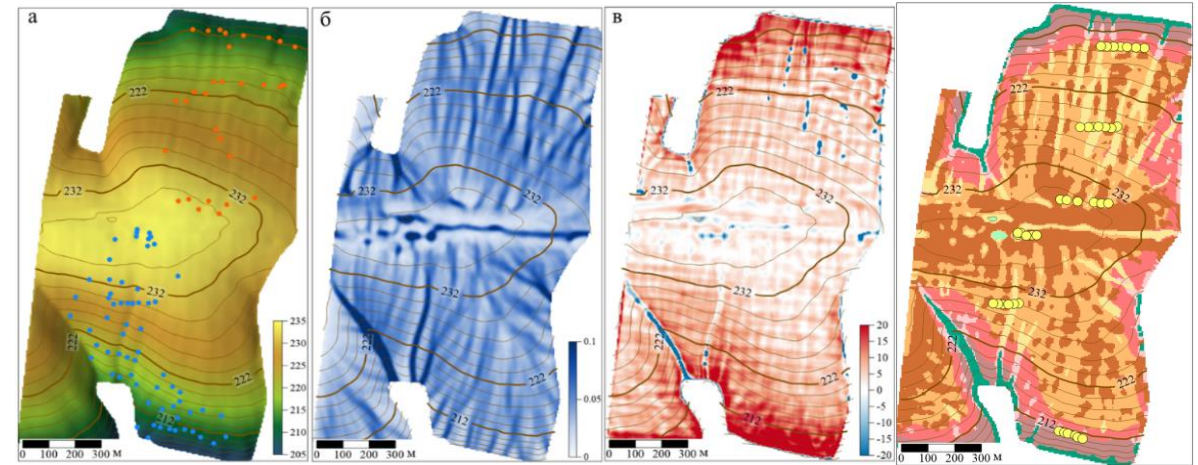
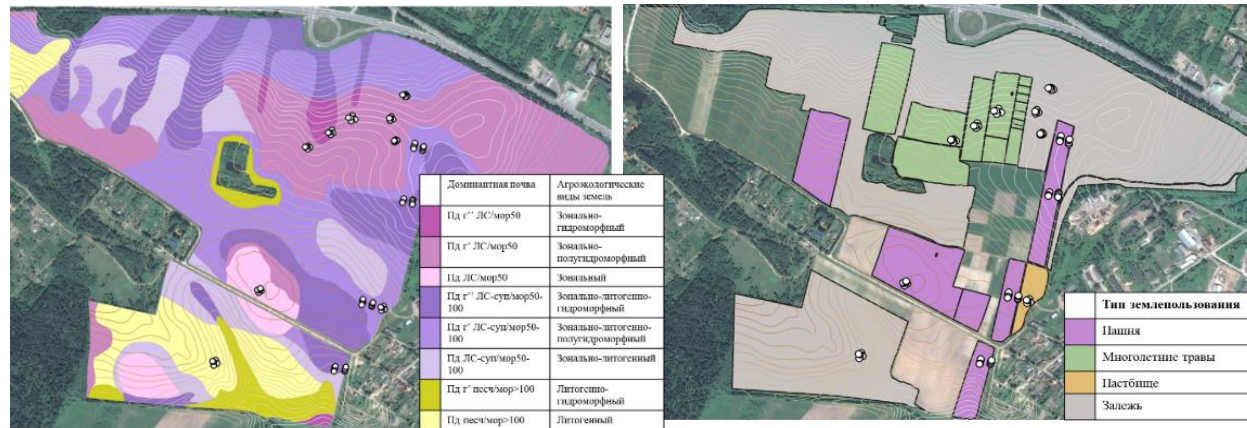
апробация регламента отбора образцов в разном режиме сельскохозяйственного использования (пашня–сенокос–пастбище–залежь)

в ареале дерново-подзолистых почв на тестовом полигоне «Эммаус» Всероссийского НИИ мелиорируемых земель – филиала ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Тверская область, 19-21.10.2022 г.)

126 точек, 156 образцов на плотность, 621 образец на углерод

в ареале черноземных почв на тестовом полигоне Института Географии РАН (Курская область, 04-07.11.2022 г.)

54 точки, 300 образцов на плотность, 540 образцов на углерод



а цифровая модель рельефа с разрешением 5м,

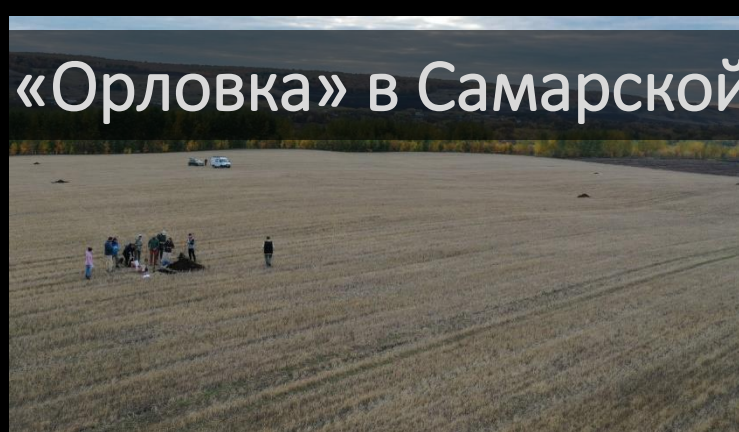
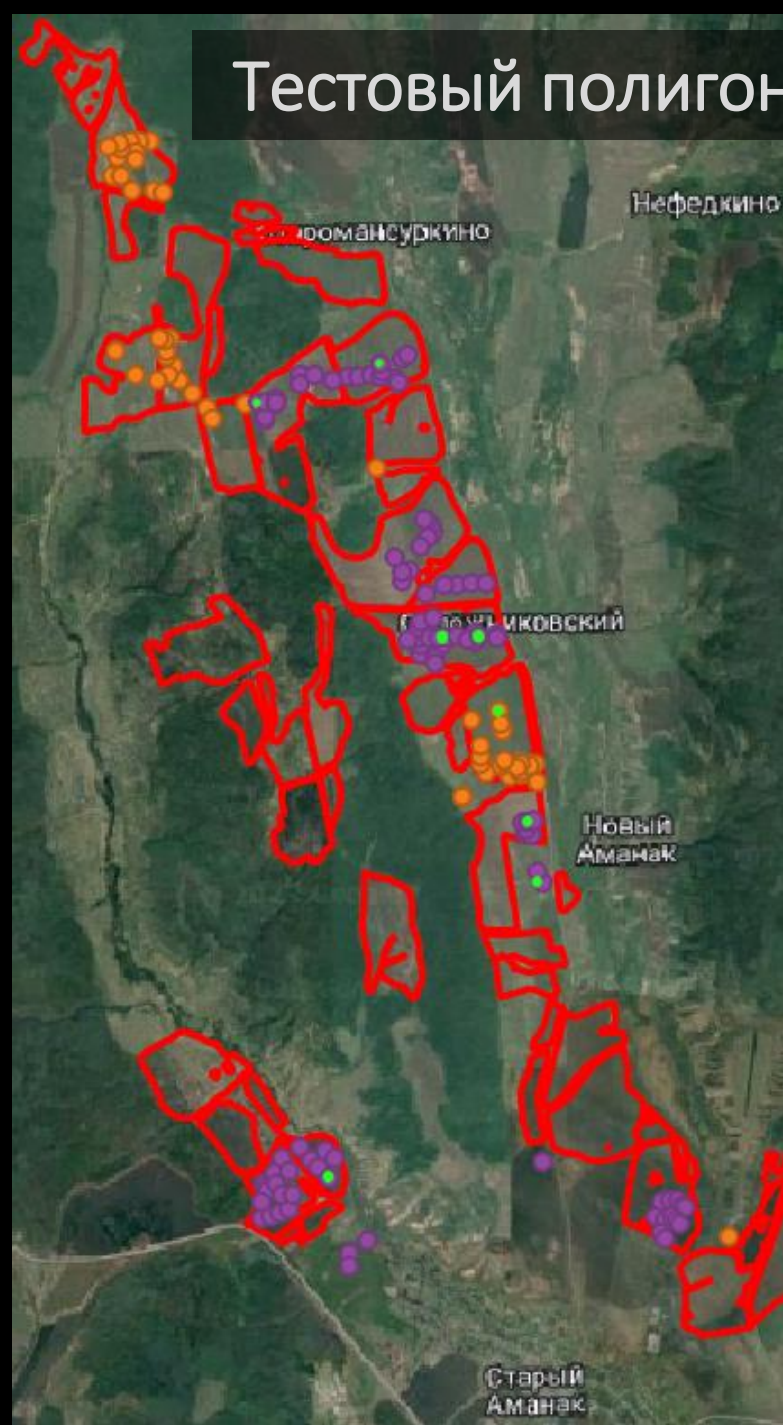
б расчетный сток по модели SIMWE (м);

в расчетная интенсивность эрозии по модели Watem/Sedem (т/га в год).

г почвенная карта на уровне ЭПА: 1 – чернозем типичный карбонатный, 2 – чернозем типичный, 3 – чернозем выщелоченный, 4 – лугово-черноземная, 5 – чернозем типичный карбонатный смытый, 6 – чернозем типичный смытый, 7 – чернозем выщелоченный смытый, 8 – лугово-черноземная смыто-намытая.



Тестовый полигон «Орловка» в Самарской области



1264 на Сорг
310 на плотность



- точки описаний (июль)
- точки описаний (сентябрь-октябрь)
- положение тестовых площадок

выбор положения площадки мониторинга с зональной почвой



Тестовый полигон «Персиановка» в Ростовской области

Участок КФХ «Мокриков В.И.»: no-till и «классика»

Встреча с руководителем КФХ



Отбор образцов на площадке в КФХ



Участок Персиановская Заповедная степь и Учхоз ДонГАУ: 4 площадки

Всего 952
образца
почвы на
Сорг и 240
на плотность

Персиановская заповедная степь



Отбор образцов на площадке учхоза ДонГАУ



Верхнегрушевый

Персиановский

ПРОТОКОЛ ПРОБОПОДГОТОВКИ ПОЧВ

- лаборатории биологии и биохимии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева
- межгосударственного стандарта ГОСТ 26213-2021 и ГОСТ ISO 11464-2015
- протокол MRV (FAO, 2019)

Пропись пробоподготовки почвы:

1. тщательно перемешивают всю массу образца почвы (300 г.), аккуратно раздавливают резиновым пестиком комки, и распределяют ее тонким слоем на поддоне, который не будет влиять на состав анализируемой почвы. Весь почвенный материал пропускают через сито 2 мм.
2. почвенную массу делят на 4 примерно равные части. Из каждой части отбирают пробы. Повторяют циклично данную процедуру до получения требуемого количества почвы: сначала до массы 100 г, затем до массы 20 г, и далее до окончательной пробы - 6 г
3. из пропущенной через сито пробы удаляют пинцетом видимые невооруженным глазом органические остатки (неразложившиеся корни, растительные остатки и т.п.), растирают почву и пропускают через сито 0.25 мм.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА



Рис. 1. Государственные стандартные образцы СП-1 (Курский чернозем) и СП-2 (Московская дерново-подзолистая почва)



Рис. 2. Анализатор углерода Метавак CS-30

Рекомендованы следующие режимы сжигания оптимальной навески почвы (≈ 500 мг): температура – 1000 °С, время – 3-4 мин. Производительность автоматического анализатора составила 100 анализов в рабочую смену. Проведена калибровка прибора с помощью двух государственных стандартных образцов почвенных масс, ранее созданных и аттестованных в Почвенном институте им. В.В.Докучаева

Табл.3 Метрологические характеристики содержания органического углерода в государственных стандартных образцах (ГСО) почвенных масс

Наименование образца	Аттестованные значения ГСО – массовая доля компонента, %	Абсолютная погрешность аттестованного значения ГСО при $P=0,95\%$
СП-1, ООКО152	3,6	0,2
СП-2, ООКО153	0,55	0,07

Табл. 4 Содержания органического углерода в ГСО почвенных масс, определенные на анализаторе углерода Метавак CS-30

Наименование образца	Массовая доля компонента, %	Абсолютная погрешность измеренного значения, при $P=0,95\%$
СП-1, ООКО152	3,665	0,015
СП-2, ООКО153	0,565	0,006

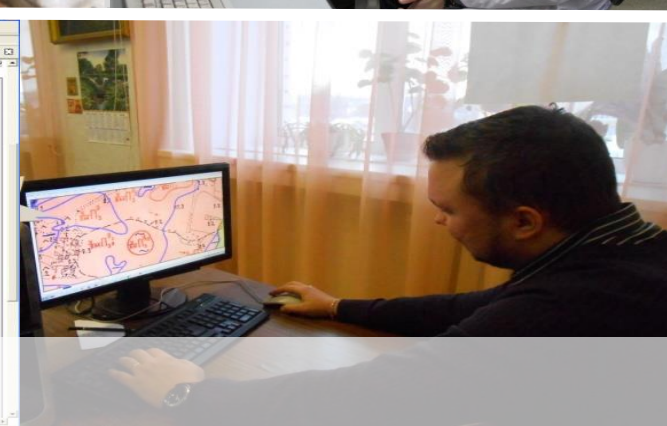
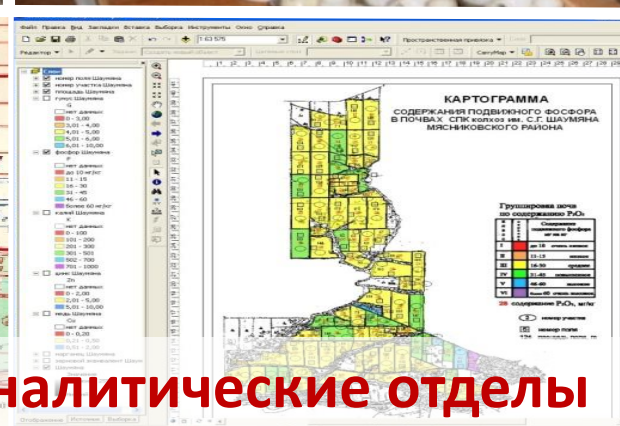
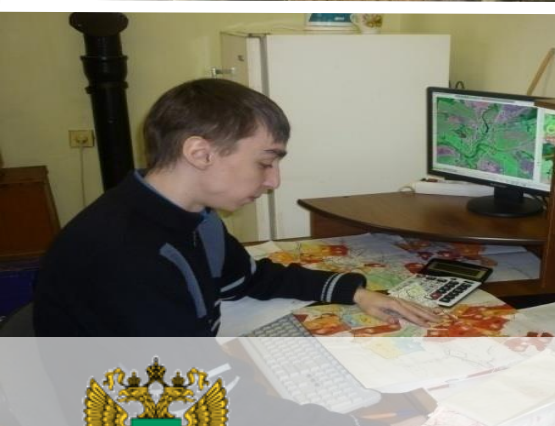
Агрохимическая служба Минсельхоза России



99 центров и станций, 6340 специалиста, включая 23 доктора и 124 кандидата наук

Полевые отряды

Аккредитованные лаборатории



Информационно-аналитические отделы

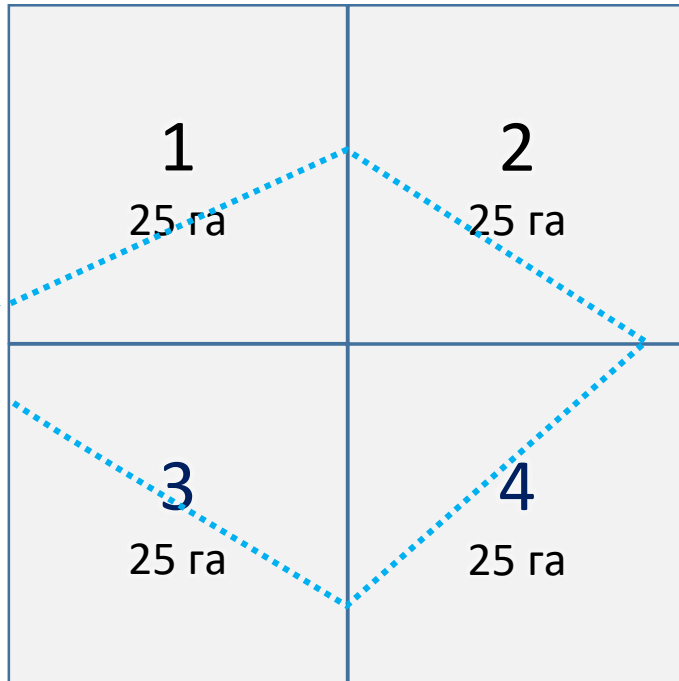


Агрохимическая служба Минсельхоза России



Полевой отбор проб при агрохимическом обследовании

Схема элементарных участков
и маршрутных ходов

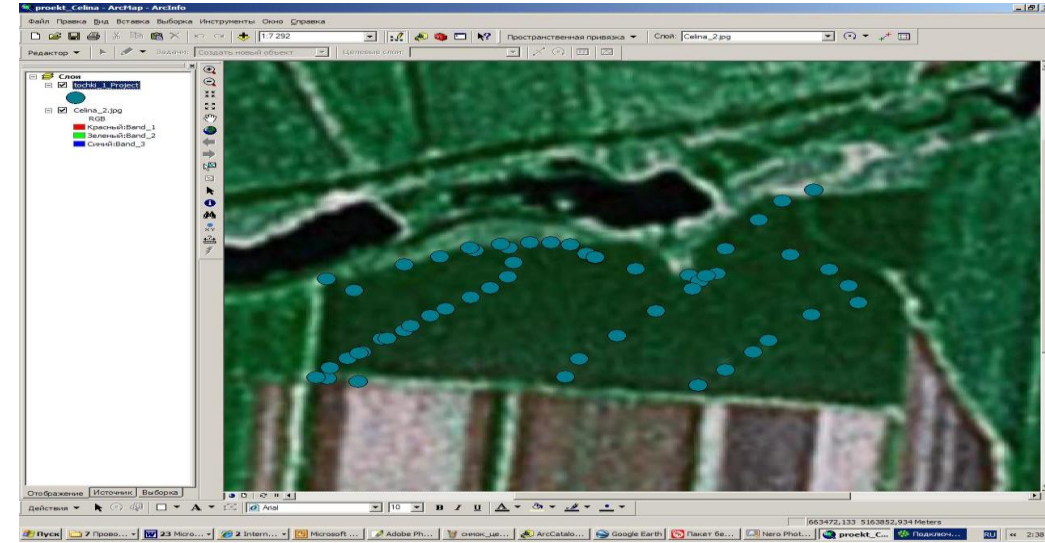


Смешанная проба из 20
индивидуальных уколов в
пределах каждого участка

Число
элементарных участков
(пробных площадей)
при средней площади
элементарного участка
25 га

пашня – более 3,5 млн. !!!
(88 291 тыс. га)

управляемые сенокосы и
пастбища – более 3 млн. !!!
(81 107 тыс. га)



Агрохимическая служба Минсельхоза России

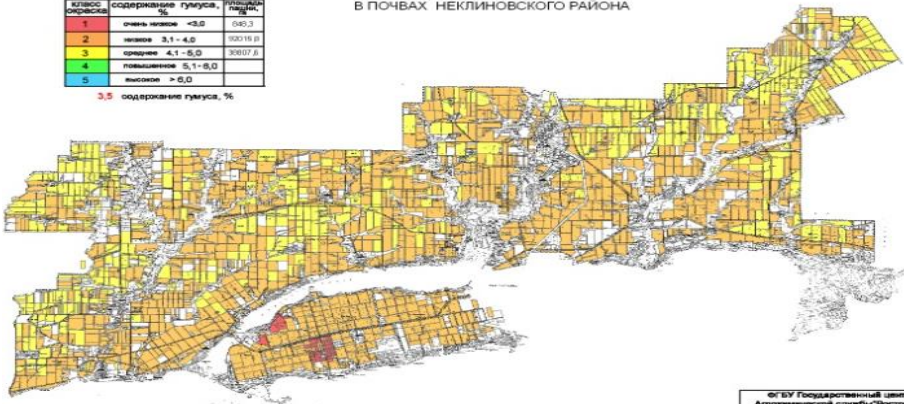
элементарный участок – поле – муниципальный район – регион – страна



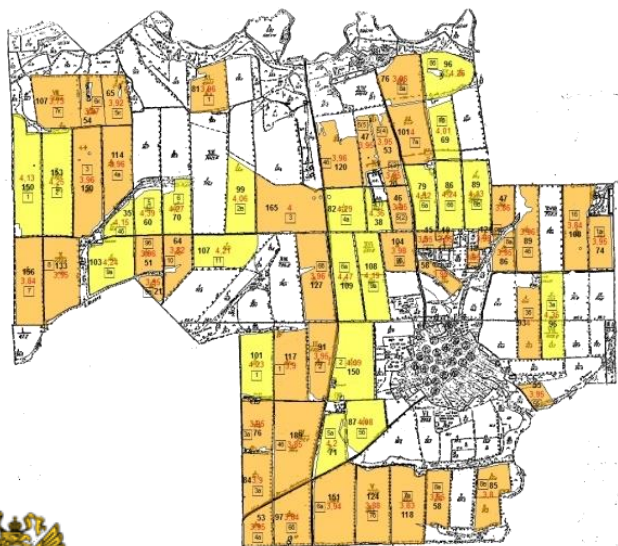
класс оценки	содержание гумуса, %	площадь, тыс. га
1	очень низкое <3,0	646,3
2	низкое 3,1 - 4,0	10016,8
3	среднее 4,1 - 5,0	30007,8
4	повышенное 5,1 - 6,0	
5	высокое > 6,0	

3,5 содержание гумуса, %

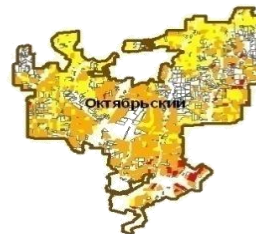
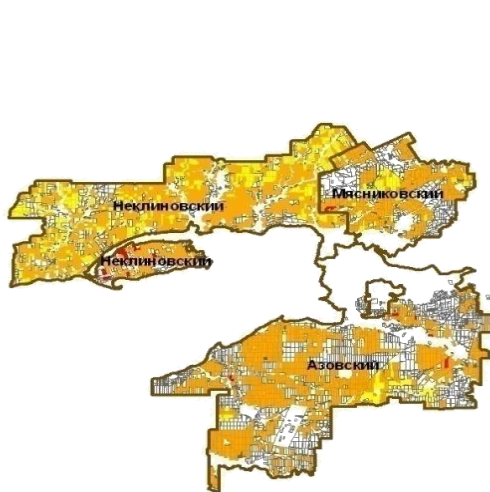
КАРТОГРАММА
СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА
В ПОЧВАХ НЕКЛИНОВСКОГО РАЙОНА



КАРТОГРАММА
СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА
В ПОЧВАХ СПК колхоз "КОЛОС"
МЯСНИКОВСКОГО РАЙОНА

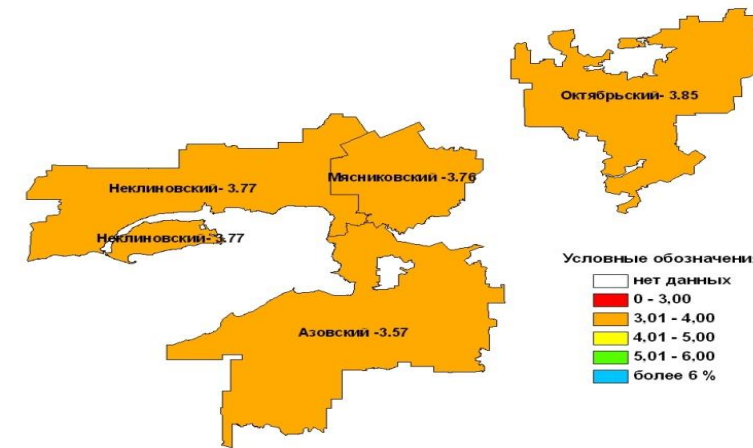


ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Ростовский»			
наименование	индекс	год	масштаб
Агрохимическая служба Ростовской области	100	2012	1:100 000



Условные обозначения

- нет данных
- 0 - 3,00
- 3,01 - 4,00
- 4,01 - 5,00
- 5,01 - 6,00
- 6,01 - 10,00

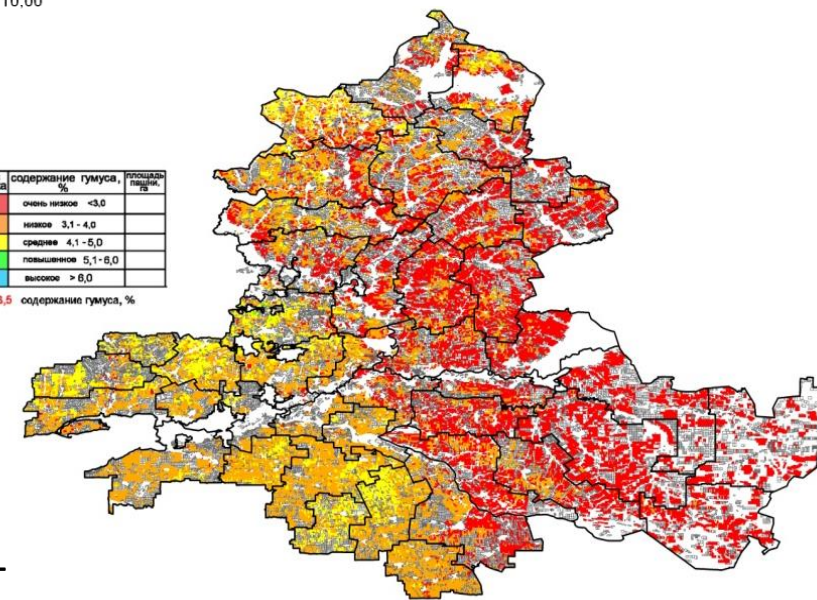


- Условные обозначения
- нет данных
 - 0 - 3,00
 - 3,01 - 4,00
 - 4,01 - 5,00
 - 5,01 - 6,00
 - более 6 %

Содержание гумуса
в пахотном
горизонте почв
земель сельско-
хозяйственного
назначения
Ростовской области

класс оценки	содержание гумуса, %	площадь, тыс. га
1	очень низкое <3,0	
2	низкое 3,1 - 4,0	
3	среднее 4,1 - 5,0	
4	повышенное 5,1 - 6,0	
5	высокое > 6,0	

3,5 содержание гумуса, %



Периодичность определения 1 раз в 5 лет



ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 631.4

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

© 2023 г. В. С. Столбовой*, П. П. Филь*

* Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

*e-mail: vladimir.stolbovoy@gmail.com

Поступила в редакцию 02.02.2023 г.

После доработки 28.03.2023 г.

Принята к публикации 24.04.2023 г.

Почвы и их органическое вещество (ПОВ) признаны главным регулятором глобального цикла углерода. Вместе с тем, результаты расчетов содержания ПОВ не учитываются в формировании задач климатических проектов и остаются невостребованными. Цель исследования – продемонстрировать перспективу анализа содержания ПОВ для планирования и принятия решений в рамках программ, реализуемых в секторе землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства. В исследовании использованы современные цифровые базы почвенных данных, обработанные средствами QGIS. На примере сельскохозяйственных почв Европейской территории России показано, что запасы ПОВ в 0.3-метровом слое базового 1990 г. составляли 7.0 Гт С на пахотных угодьях и 3.1 Гт С на пастбищных землях. Выявлено, что за весь период времени сельскохозяйственного использования содержание ПОВ снизилось на 1.8 Гт С (21% от исходного содержания) на пашнях и на 0.3 Гт С (9% от исходного содержания) на пастбищах. Суммарная потеря ПОВ из 0.3-метрового слоя составила около 2.1 Гт С (около 7.7 Гт CO₂-экв.), что в пять раз превышает совокупный выброс парниковых газов РФ в 2020 г. Суммарно потери ПОВ из 0.3–1.0 м слоя пашен и пастбищ составили около 1.4 Гт С или 5.2 Гт CO₂-экв., что достигает почти 70% от потерь поверхностного 0.3-метрового слоя. Предлагается включить более глубокие горизонты сельскохозяйственных почв в национальный стандарт по учету выбросов и поглощения парниковых газов. Показан подход к использованию пространственного распределения ПОВ для предварительного планирования климатических проектов в рамках сектора землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства. Для практической организации проектов поглощения парниковых газов требуются детальные обоснования. Выполненные исследования гармонизированы с требованиями Межправительственной группы экспертов по изменению климата, что подтверждает потенциал использования почв в климатических проектах РФ.

Ключевые слова: секвестрация углерода, запасы углерода, управление углеродом, землепользование, изменение землепользования

DOI: 10.31857/S2587556623040143, EDN: TINGKW

ВВЕДЕНИЕ

Киотский протокол¹ (Watson et al., 2000) признал квоты² на выбросы парниковых газов (ПГ) в качестве нового товара, который может продаваться и покупаться на внутреннем и внешнем

¹ UNFCCC: 1998. Report of the Conference of the Parties to its Third Session, held in Kyoto from 1 to 11 December 1997 / Addendum. Document FCCC/CP.1998/16/Add.1. <http://www.unfccc.de/> (дата обращения 22.03.2023).

² Углеродная квота – норма допустимой эмиссии парниковых газов, которая устанавливается государством для предприятий. Измеряется в тоннах CO₂-экв. В случае превышения квоты эмитент должен купить, недостающую часть (рынок) или заплатить углеродный налог. https://nesm-konk.ru/carbon_credit/ (дата обращения 26.03.2023).

рынках. Протокол сделал легитимными рыночные механизмы для обеспечения наиболее эффективного выполнения взятых государствами обязательств по сокращению выбросов ПГ. В качестве одного из инструментов снижения концентрации ПГ в атмосфере Киотский протокол предусматривает использование землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) (Watson et al., 2000, Статьи 3.3 и 3.4). В разделе Землепользование³ имеются в виду варианты модификации производства в направ-

³ Соответствует понятию МГЭИК cropland management – система технологий выращивания сельскохозяйственных культур на землях, отведенных для растениеводства.

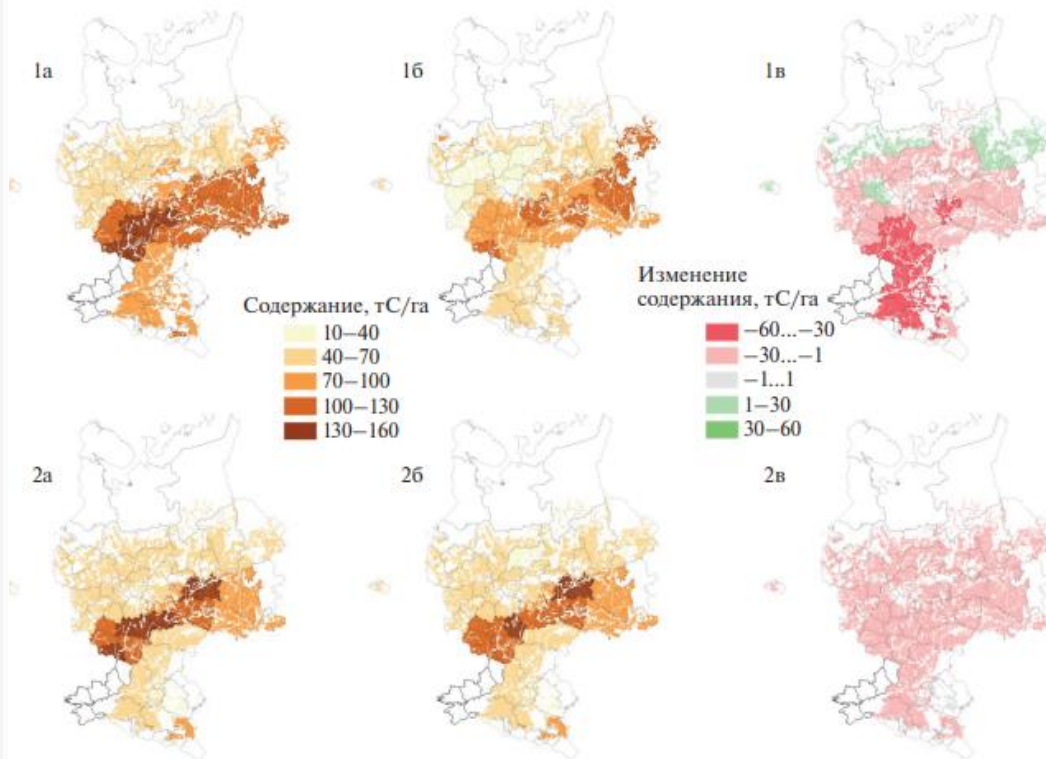


Рис. 2. Содержание углерода в сельскохозяйственных почвах Европейской территории России: пашни (1а – нативные почвы до сельскохозяйственного освоения, 1б – актуальное, современное содержание в базовый (1990 г.) период времени, 1в – накопленное изменение содержания в результате сельскохозяйственного использования); пастбища (2а – нативные почвы до сельскохозяйственного освоения, 2б – актуальное, современное содержание в базовый (1990 г.) период времени, 2в – накопленное изменение содержания в результате сельскохозяйственного использования).

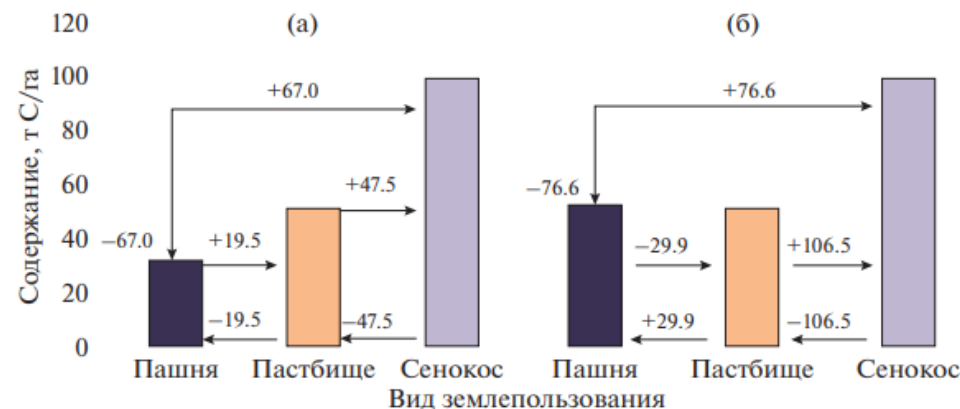


Рис. 4. Влияние изменения (трансформации) видов сельскохозяйственного землепользования на содержание ПОВ в слое 0.3 м: (а) Владимирская область, (б) Рязанская область.



Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEM OF CLIMATE-ACTIVE SUBSTANCES IN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Daniil Kozlov

The International Conference on Ecological Environment
and green development of the Eurasian Continent
The Fifth Think Tank Forum for the International
Scientist Union of the "B&R"
30 October 2023, Hohhot, Inner Mongolia, China



Научно-практическая конференция НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА
МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

1-2 ноября 2023 г., ИНИОН, Москва

Наземный мониторинг бюджета углерода в почвах агроэкосистем Российской Федерации: от решения методических вопросов к созданию национальной сети

Даниил Николаевич Козлов,
Болотов А.Г., Столбовой В.С., Хитров Н.Б.,
Когут Б.М., Хаматнуров Ш.А.,
Лозбенев Н.И.

НОЦ «Углерод в экосистемах: мониторинг»
ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева
соглашение



Структура затрат для проведения анализов по определению углерода в почве различными методами, руб. за 1 образец *

Наименование затрат	Тюрин ** ГОСТ 26213-2021	Метавак CS-30	LECO или CUBE
Амортизация оборудования	8,6	12	59,5
Затраты на реактивы	28,1	6,9	350
Затраты на лабораторную посуду	1,4	0	0
Затраты на электроэнергию	0,2	2,1	2
Заработная плата лаборанта (часовая тарифная ставка за 1 час= 268 руб.)	77	22	49,5
Отчисления на социальные нужды	26	7,5	17
Накладные затраты	19,4	5,5	12
Прочие расходы	8	3	24,5
Себестоимость анализа	168,70	59,00	514,5

* Методика расчета себестоимости анализа для специальности "Аналитический контроль химических соединений"

** ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества» (Фотометрический метод)

