

КАК ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА МЕНЯЮТ ПОЧВЫ

Козлов Д.Н., Смирнова М.А.,
Юрова А.Ю., Филь П.П.
ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева

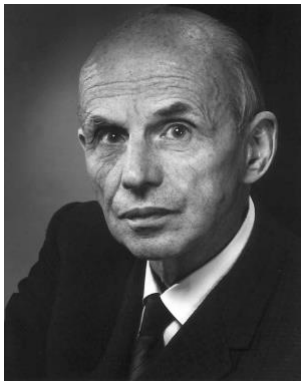


Почвенно-генетическая модель SOILGEN

Модель **SOILGEN** использует процессно-ориентированный подход для описания физико-химических и биологических процессов, происходящих в почвенном профиле, обеспечивающих его генетическое формирование в 1.5D пространстве во временном промежутке от десятков тысяч лет до десяти лет.



Василий Васильевич Докучаев

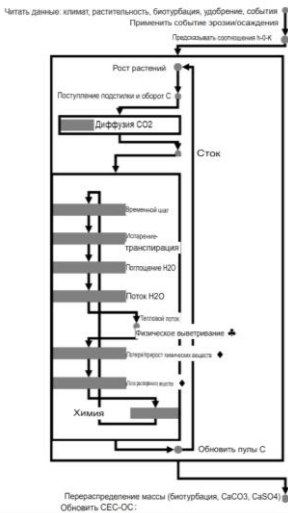
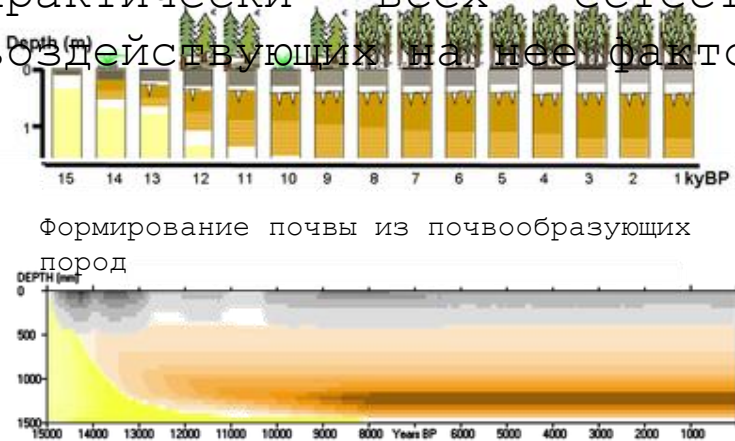


Hans Jenny

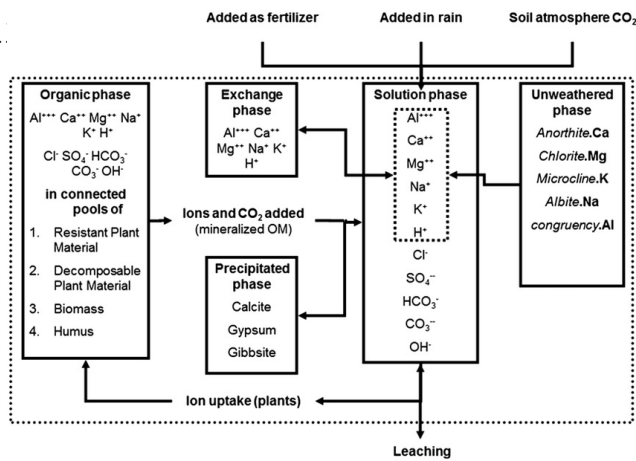


Peter Finke

С учетом начальных свойств практически всех естественных воздействующих на нее факторов



изменчивости



$$\Pi = f(\mathbf{K}, \mathbf{O}, \mathbf{T}, \mathbf{P}, \mathbf{C})$$
$$\mathbf{S} = f(\mathbf{C}, \mathbf{L}, \mathbf{O}, \mathbf{R}, \mathbf{P}, \mathbf{T})$$
$$\mathbf{S}_{\text{от}} = f(\mathbf{C}, \mathbf{L}, \mathbf{O}, \mathbf{R}, \mathbf{P}, \mathbf{T}, \mathbf{A}, \mathbf{N})$$

концептуальных к численным моделям

Перенос тепла и влаги
Уравнения Дарси-Ришардса

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K(\theta) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right)$$

Транспорт растворенных веществ
Уравнение адвективно-дисперсионного переноса

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -v \frac{\partial C}{\partial z} + D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + S$$

Выветривание

Определяется кинетическим подходом

$$R_w = k_w \cdot A \cdot \left(1 - \frac{Q}{K_{eq}} \right)$$

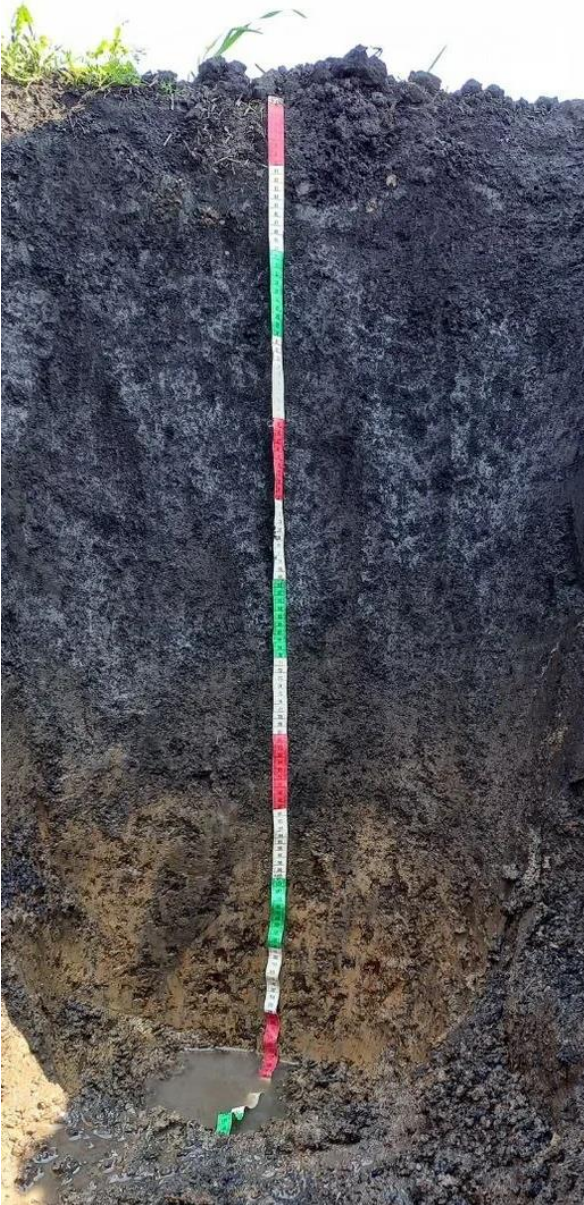
Геохимические процессы

Описываются уравнениями равновесия (например, уравнения

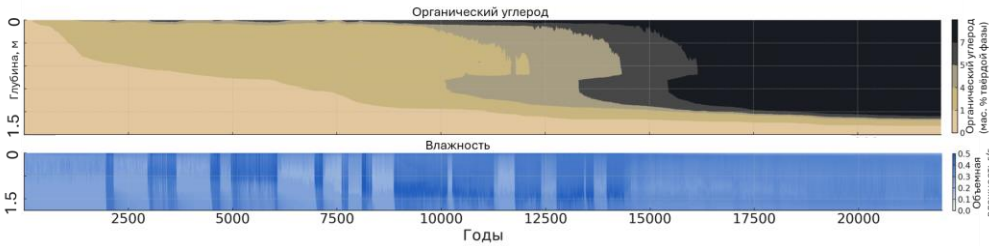
$$\frac{dC_{ads}}{dt} = k_{ads} \cdot C_{sol} - k_{des} \cdot C_{ads}$$

И другие, 16 связанных между собой в единую систему уравнений, а так же 366 начальных и

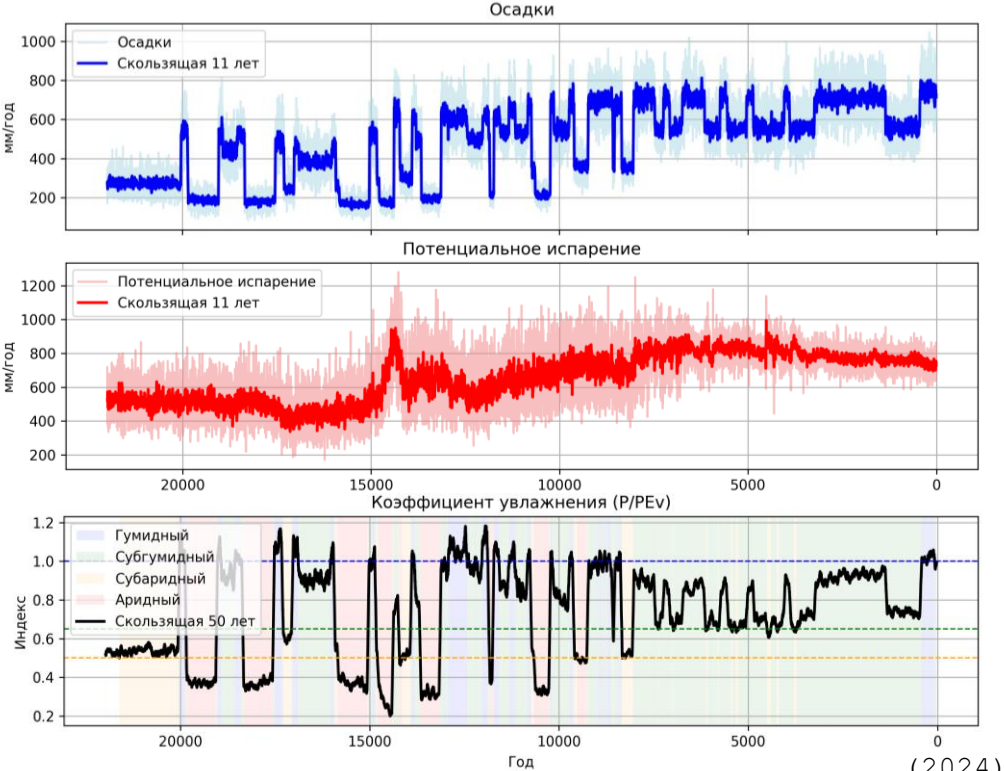
Лугово-черноземная почва, 2024 г.



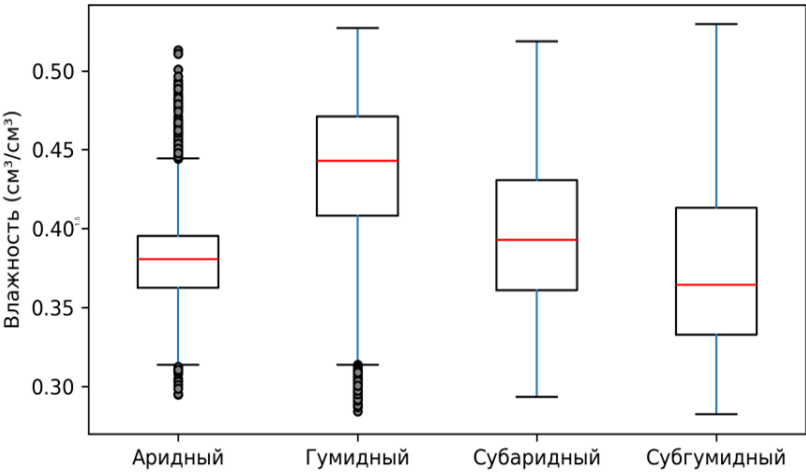
Динамика среднегодовой влажности накопления углерода SOILGEN



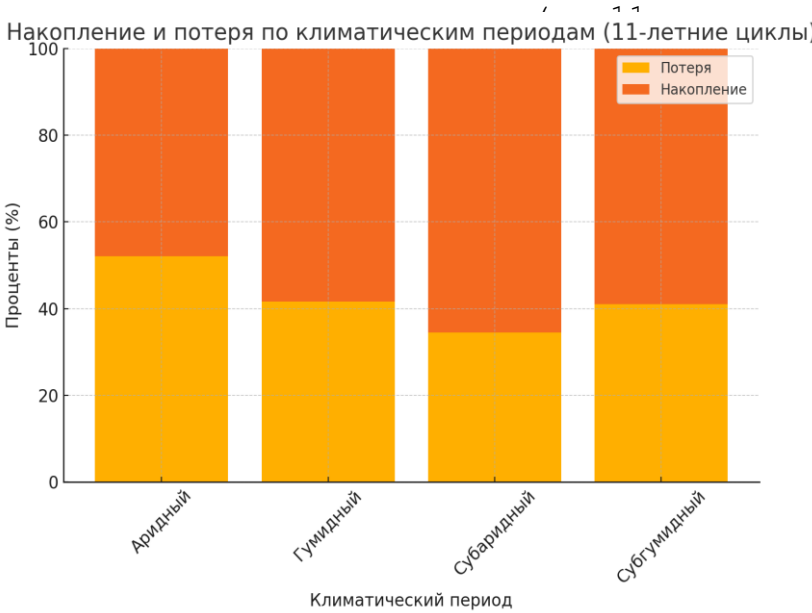
TRACE (палеоклиматическая модель), верхние граничные условия SOILGEN



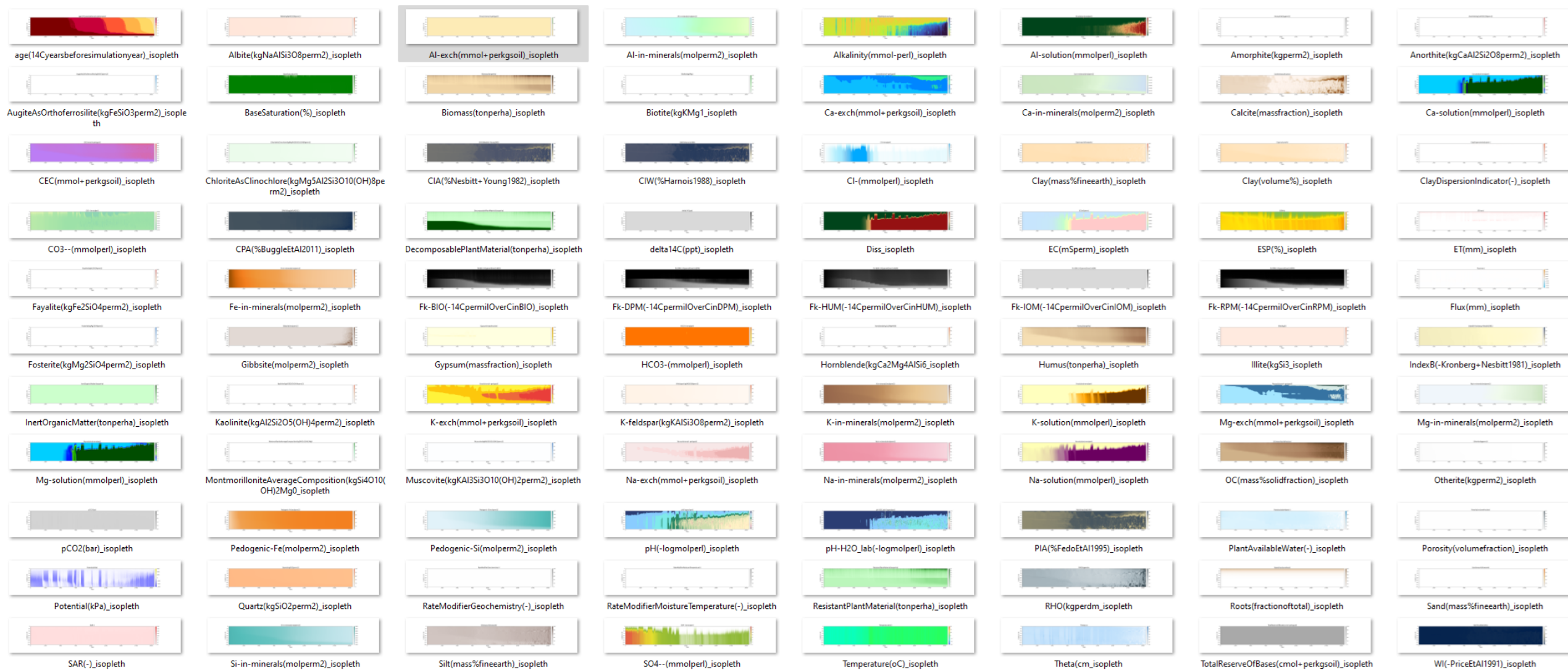
Распределение средней влажности горизонтов на 0-40 см, в климатические периоды с различной тепловлагообеспеченностью



Средняя динамика изменения содержания углерода



Динамика 84 почвенных параметров SOILGEN



300 ≈ параметров постановки краевой задачи, констант, по 20 расчетным глубинам на 22000 лет

int_Soil.txt	Определяет начальные условия модели, почвы, исходная текстура, структура и другие физические свойства.
Clay (%)	Процент содержания глины в слое. Пример: 0.82%
Silt (%)	Процент содержания ила в слое. Пример: 36.98%
Organic Carbon (%)	Процент содержания органического углерода. Пример: 0.38%
Retention Model	Модель удерживания влаги. Пример: 6
Theta or Potential (kPa)	Начальная влажность или потенциал воды в почве, измеряется в кПа. Пример: 0.300
Root (for no growth)	Глубина корней для случая отсутствия роста. Пример: 0.21
Shading Temperature (°C)	Начальная температура слоя. Пример: 12.0°C
AEV (kPa)	Air Entry Value (значение вакуума воздуха) для удерживания влаги. Пример: -1.00
BCuM	Коэффициент Брукса-Кора для модели удерживания влаги. Пример: 3.00
Bulk Density (kg/m³)	Массовая плотность почвы в каждом слое. Пример: 1.371
K (mm/d)	Коэффициент водопроницаемости. Пример: 246
Matic Potential (kPa)	Матричный потенциал, при котором измеряется водопроницаемость. Пример: 0.0
P (Барьерность)	Параметр пористости для расчета водопроницаемости. Пример: 1.0
Dispersivity (mm)	Дисперсность слоя, определяющая распределение частиц. Пример: 25.0
Field Capacity (kPa)	Почвенный показатель влажности для удерживания влаги. Пример: -5.0

Mobile/Immobile Threshold	Порог разделения подвижной и неподвижной воды в почве. Пример: -200.0
Ca (mmol/l)	Концентрация кальция в растворе в каждом слое. Пример: 2.96556
Mg (mmol/l)	Концентрация магния в растворе. Пример: 0.26057
Na (mmol/l)	Концентрация натрия в растворе. Пример: 0.84138
K (mmol/l)	Концентрация калия в растворе. Пример: 0.05619
Cl (mmol/l)	Концентрация хлора в растворе. Пример: 0.08522
SO4 (mmol/l)	Концентрация сульфата в растворе. Пример: 1.15546
Alkalinity (mmol/l)	Щелочность раствора. Пример: 4.97569
Al (mmol/l)	Концентрация алюминия в растворе. Пример: 0.01
Org-3_H2O2_2_H2O3p (mmol)	Органические ионы в растворе. Пример: 0.000000010
DOC (углерод, растворенный в воде)	Содержание растворенного органического углерода. Пример: 0.6250183
Na (mmol/kg)	Емкость катионного обмена слоя. Пример: 28.58306
Selectivity Coefficients	Коэффициенты селективности для Mg/Ca, Ca/Na, Ca/K, Ca/Al, Ca/H. Пример: 0.6892 (Mg/Ca)
pCO2 (atm)	Парциальное давление CO2 в атмосфере слоя. Пример: 0.01
Calcite (mass fraction)	Массовый доль кальцита в слое. Пример: 0.07935
Organic mass fraction	Массовый доль органики в слое. Пример: 0.1001

Кислород	other_O	12	Содержание кислорода в Otherite.
Алюминий	other_Al	0	Содержание алюминия в Otherite (отсутствует).
Кальций	other_Ca	0	Содержание кальция в Otherite (отсутствует).
Магний	other_Mg	0	Содержание магния в Otherite (отсутствует).
Калий	other_K	0	Содержание калия в Otherite (отсутствует).
Натрий	other_Na	0	Содержание натрия в Otherite (отсутствует).
Железо	other_Fe	4	Содержание железа в Otherite.
Кремний	other_Si	3	Содержание кремния в Otherite.
Водород	other_H	0	Содержание водорода в Otherite (отсутствует).
Хлор	other_Cl	0	Содержание хлора в Otherite (отсутствует).
Углерод	other_C	0	Содержание углерода в Otherite (отсутствует).
Сера	other_S	0	Содержание серы в Otherite (отсутствует).

Слой	Layer	Указывает конкретный слой почвы, для которого задаются параметры минерального состава.
Кварц	Quartz	Содержание кварца, устойчивого минерала, который влияет на текстуру почвы и её механическую стабильность.
Полевоый шпат (Кальциевый)	K-Feldspar	Содержание калиевого полевого шпата, разлагается медленно, выделяя калий, полезный для растений.
Полевоый шпат (Натриевый)	Na-Feldspar	Содержание натриевого полевого шпата, который разлагается, выделяя натрий.
Полевоый шпат (Кальциевый)	Ca-Feldspar	Содержание кальциевого полевого шпата, также известного как плагиоклаз, выделяет калий при разложении.
Мусковит	Muscovite	Содержание мусковита, разновидность слюды, которая медленно разлагается и выделяет калий и алюминий.
Биотит	Biottle	Содержание биотита, темной слюды, которая при разложении выделяет калий, магний и железо.
Гематит	Hematite	Содержание гематита, железной оксиды, который придаёт почве красный цвет и влияет на процессы окисления.
Гетит	Goethite	Содержание гетита, другого железной оксиды, участвующего в окислительно-восстановительных реакциях.
Каолинит	Kaolinite	Содержание каолинита, глинистого минерала, стабильного в кислых условиях, влияет на удержание воды и питательных веществ.
Монтмориллонит	Montmorillonite	Содержание монтмориллонита, глинистого минерала с высокой способностью к обмену катионов и удерживанию воды.
Гипс	Gibbsite	Содержание гипса, гидроксид алюминия, который встречается в выветрелых почвах тропических регионов.
Кальцит	Calcite	Содержание кальцита, карбоната кальция, который разлагается, повышая pH почвы.
Доломит	Dolomite	Содержание доломита, карбоната кальция и магния, который влияет на кислотность и насыщенность основаниями.
Гипс	Gypsum	Содержание гипса, который разлагается, выделяя кальций и сульфат, влияет на структуру почвы.
Аморфные минералы	Amorphous minerals	Содержание аморфных минералов, таких как вулканический пепел, которые быстро разлагаются и влияют на химические свойства почвы.
Хлорит	Chlorite	Содержание хлорита, минерала группы слюд, который может выделять железо и магний.
Апатит	Apatite	Содержание апатита, основного источника фосфора в почве, влияет на фосфатный режим почвы.
Сидерит	Siderite	Содержание сидерита, карбоната железа, может влиять на окислительно-восстановительные условия.
Магнетит	Magnetite	Содержание магнетита, железного оксида, который влияет на магнитные свойства почвы и её цвет.

Year	Год, для которого задаются климатические данные.
P	Осадки (мм/год) — количество осадков, выпадающих за год.
PEv	Потенциальное испарение (мм/год) — мера испарения из почвы и растительности.
JanT	Средняя температура в январе (°C).
JulT	Средняя температура в июле (°C).
PlantsInC(t/ha.y	Входящий углерод от растений (тонн/га в год) — количество органического углерода, поступающего из растительности.
ManureInC(t/ha.y	Входящий углерод из навоза (тонн/га в год) — количество органического углерода, поступающего из навоза.
Vegetation Peric	Тип растительности или период вегетации — информация о типе растительности или периодах ее роста.
PercAridity	Процент аридности — показатель сухости климата на данной территории.

Кислород	O2	Константа равновесия для кислорода, важная для окислительно-восстановительных процессов.
Углекислый газ	CO2	Константа равновесия для углекислого газа, влияет на кислотность почвы и процессы выветривания.
Вода	H2O	Константа равновесия для воды, определяет растворные свойства почвы.
Аммоний	NH4+	Константа равновесия для аммония, влияет на азотный цикл.
Нитрат	NO3-	Константа равновесия для нитрата, также важная для азотного цикла.
Гидроксид	OH-	Константа равновесия для гидроксида, определяет уровень pH в почве.
Сульфат	SO4-	Константа равновесия для сульфата, участвует в цикле серы и влияет на кислотность почвы.
Фосфат	PO4-	Константа равновесия для фосфата, важна для доступности фосфора в почве.
Кальций	Ca2+	Константа равновесия для кальция, важная для структуры почвы и обменных процессов.
Магний	Mg2+	Константа равновесия для магния, влияет на обменные процессы и структуру почвы.
Натрий	Na+	Константа равновесия для натрия, влияет на свойства почвы и обменные процессы.
Калий	K+	Константа равновесия для калия, участвует в обменных процессах и влияет на плодородие почвы.

Кислород	amorp_O	Содержание кислорода в составе аморфита.
Алюминий	amorp_Al	Содержание алюминия в составе аморфита.
Кальций	amorp_Ca	Содержание кальция в составе аморфита.
Магний	amorp_Mg	Содержание магния в составе аморфита.
Калий	amorp_K	Содержание калия в составе аморфита.
Натрий	amorp_Na	Содержание натрия в составе аморфита.
Кремний	amorp_Si	Содержание кремния в составе аморфита.
Водород	amorp_H	Содержание водорода в составе аморфита.
Хлор	amorp_Cl	Содержание хлора в составе аморфита (может быть 0).
Углерод	amorp_C	Содержание углерода в составе аморфита (может быть 0).
Сера	amorp_S	Содержание серы в составе аморфита (может быть 0).

YearBP	Год до настоящего времени, для которого задаются данные по удобрениям (например, 50, 100 лет назад).
Ca	Концентрация кальция в удобрении (обычно в молях на квадратный метр или другом формате концентрации).
Mg	Концентрация магния в удобрении.
Na	Концентрация натрия в удобрении.
K	Концентрация калия в удобрении.
Cl	Концентрация хлора в удобрении.
SO4	Концентрация сульфата в удобрении.
HCO3	Концентрация гидрокарбоната в удобрении.
CO3	Концентрация карбоната в удобрении.
-	

Year	Год или временной интервал, для которого задаются данные по биотурбации.
Layer 1	Интенсивность биотурбации для первого слоя почвы (обычно указывается как коэффициент или процент).
Layer 2	Интенсивность биотурбации для второго слоя почвы.
Layer 3	Интенсивность биотурбации для третьего слоя почвы.
...	... (продолжение для всех слоев почвы, в зависимости от их количества).
Layer N	Интенсивность биотурбации для последнего слоя почвы (например, нижнего слоя).

Описание:
Year: Задает конкретный год или временной интервал, в течение которого происходят процессы биотурбации. Это помогает мс
Layer 1, Layer 2, ...: Значения, представляющие интенсивность биотурбации в каждом слое почвы. Биотурбация может включать

Layer	Слой почвы, к которому применяются параметры углеродного оборота.
DPM (Decomposable Plant Material)	Доля разлагаемого растительного материала в слое почвы.
RPM (Resistant Plant Material)	Доля устойчивого растительного материала в слое почвы.
BIO (Biomass)	Доля биомассы (микробной биомассы) в слое почвы.
HUM (Humus)	Доля гумуса в слое почвы.
IOM (Inert Organic Matter)	Доля инертного органического вещества в слое почвы.
k_DPM	Коэффициент разложения разлагаемого растительного материала (DPM).
k_RPM	Коэффициент разложения устойчивого растительного материала (RPM).
k_BIO	Коэффициент разложения микробной биомассы (BIO).
k_HUM	Коэффициент разложения гумуса (HUM).
k_IOM	Коэффициент разложения инертного органического вещества (IOM).
Описание:	

C-cycle param	Grasssub decomposable / resistant ratio	0.67	Соотношение разлагаемого к устойчивому растительному материалу для травиантарников.
	Grasssub fraction endo-organic	0.58	Доля подстилки травиантарников, которая является эвтрофической.
	Grasssub fraction endo-organic	0.42	Доля подстилки травиантарников, которая является эвтрофической.
	Grasssub precipitation loss by interception	0.0	Для осадков, потерянных травиантарниками за счет interception.
	Deciduouswood decomposable / resistant ratio	0.25	Соотношение разлагаемого к устойчивому растительному материалу для лиственных деревьев.
	Deciduouswood fraction endo-organic	0.85	Для подстилки лиственных деревьев, которая является эвтрофической.
	Deciduouswood fraction endo-organic	0.15	Для подстилки лиственных деревьев, которая является эвтрофической.
	Deciduouswood precipitation loss by interception	0.08	Для осадков, потерянных лиственными деревьями за счет interception.
	Coniferouswood decomposable / resistant ratio	0.1	Соотношение разлагаемого к устойчивому растительному материалу для хвойных деревьев.
	Coniferouswood fraction endo-organic	0.95	Для подстилки хвойных деревьев, которая является эвтрофической.
	Coniferouswood fraction endo-organic	0.05	Для подстилки хвойных деревьев, которая является эвтрофической.
	Coniferouswood precipitation loss by interception	0.12	Для осадков, потерянных хвойными деревьями за счет interception.
	Agriculture decomposable / resistant ratio	1.44	Соотношение разлагаемого к устойчивому растительному материалу для сельскохозяйственных культур.
	Agriculture fraction endo-organic	0.41	Для подстилки сельскохозяйственных культур, которая является эвтрофической.
	Agriculture fraction endo-organic	0.59	Для подстилки сельскохозяйственных культур, которая является эвтрофической.
	Agriculture precipitation loss by interception	0.0	Для осадков, потерянных сельскохозяйственными культурами за счет interception.
	Rate for decomposable plant material pool	10.0	Скорость разложения разлагаемого растительного материала.
	Rate for resistant plant material pool	0.3	Скорость разложения устойчивого растительного материала.
	Rate for biomass pool	0.66	Скорость разложения биомассы.
	Rate for humus pool	0.005	Скорость разложения гумуса.
	Scaling factor for CO2(BIOMASS) ratio	1.67	Масштабный коэффициент для соотношения CO2(Биомасса + Гумус).
	BIOMASS ratio	0.0	Соотношение биомассы и гумуса.
Clay migration p	Soil detachability coefficient (kd)	0.8	Коэффициент отделимости почвы (JG-1).
	Replenishment rate coefficient (rv)	0.1	Коэффициент скорости пополнения (JG-2 ч-1).
	Pressure head at which macropores empty (h-mat)	-18.3	Напорное давление (ГПа), при котором макропоры опустошаются.
	Filtering coefficient (n)	0.509	Коэффициент фильтрации.
	Retention filter coefficient (nif)	2.0	Опорный коэффициент фильтрации (n-1).
	Flow water velocity at which test is measured (vif)	0.1	Скорость, при которой вода (м-ч-1) при которой измеряется test.
	Bulk density of edaphic layers	0.5	Массовая плотность эдафических слоев (г/см³).
	Thickness of edaphic layer for no splash	20.0	Толщина эдафического слоя, при которой отсутствует splash (мм).
	Montmorillonite content in clay fraction	20.0	Содержание монтмориллонита в глинистой фракции (%).
	2:1 clay mineral content	50.0	Содержание 2:1 глинистых минералов (%).
Physical weathe	Max. split probability	1.38-6	Максимальная вероятность раскола.
	Temperature gradient with max. split probability	1.98	Падение температуры (°C/м) при максимальной вероятности раскола.
Cation uptake to	Relative Al contribution (Agriculture)	0.021	Относительный вклад алюминия для сельскохозяйственных культур.
	Relative Ca contribution (Agriculture)	0.132	Относительный вклад кальция для сельскохозяйственных культур.
	Relative Na contribution (Agriculture)	0.013	Относительный вклад натрия для сельскохозяйственных культур.
	Relative Mg contribution (Agriculture)	0.075	Относительный вклад магния для сельскохозяйственных культур.
	Relative K contribution (Agriculture)	0.759	Относительный вклад калия для сельскохозяйственных культур.
	Relative Al contribution (Deciduouswood)	0.004	Относительный вклад алюминия для лиственных деревьев.
	Relative Ca contribution (Deciduouswood)	0.481	Относительный вклад кальция для лиственных деревьев.
	Relative Na contribution (Deciduouswood)	0.025	Относительный вклад натрия для лиственных деревьев.
	Relative Mg contribution (Deciduouswood)	0.226	Относительный вклад магния для лиственных деревьев.
	Relative K contribution (Deciduouswood)	0.265	Относительный вклад калия для лиственных деревьев.
	Relative Al contribution (Coniferouswood)	0.023	Относительный вклад алюминия для хвойных деревьев.
	Relative Ca contribution (Coniferouswood)	0.752	Относительный вклад кальция для хвойных деревьев.
	Relative Na contribution (Coniferouswood)	0.004	Относительный вклад натрия для хвойных деревьев.
	Relative Mg contribution (Coniferouswood)	0.128	Относительный вклад магния для хвойных деревьев.
	Relative K contribution (Coniferouswood)	0.003	Относительный вклад калия для хвойных деревьев.
	Relative Al contribution (Grasssub)	0.001	Относительный вклад алюминия для травиантарников.
	Relative Ca contribution (Grasssub)	0.271	Относительный вклад кальция для травиантарников.
	Relative Na contribution (Grasssub)	0.004	Относительный вклад натрия для травиантарников.
	Relative Mg contribution (Grasssub)	0.154	Относительный вклад магния для травиантарников.
	Relative K contribution (Grasssub)	0.56	Относительный вклад калия для травиантарников.
Mineral dissolu	Abite: log10 KH25	-8.7	Потенциал скорости растворения абита при 25°C (моль/м²/с).
	Abite: KH4H	66.944	Энергия активации для абита с аэрозолем (КД/моль/К).
	Abite: reaction order n	0.5	Порядок реакции абита с аэрозолем.
	K-Feldspar: log10 KH25	-9.9	Потенциал скорости растворения калиевого полевого шпата при 25°C (моль/м²/с).
	K-Feldspar: KH4H	50.208	Энергия активации для калиевого полевого шпата с аэрозолем (КД/моль/К).
	Muscovite: log10 KH25	-11.8	Потенциал скорости растворения мусковита при 25°C (моль/м²/с).
	Biottle: log10 KH25	-10.88	Потенциал скорости растворения биотита при 25°C (моль/м²/с).
	Quartz: log10 KH25	-4999	Потенциал скорости растворения кварца при 25°C (моль/м²/с).
	Chlorite: log10 KH25	-10.02	Потенциал скорости растворения хлорита при 25°C (моль/м²/с).
	Anorthite: log10 KH25	-5.9	Потенциал скорости растворения анортита при 25°C (моль/м²/с).
	Forsterite: log10 KH25	-7.0	Потенциал скорости растворения форстерита при 25°C (моль/м²/с).
	Augite: log10 KH25	-6.7	Потенциал скорости растворения авгита при 25°C (моль/м²/с).
	Kaolinite: log10 KH25	-12.45	Потенциал скорости растворения каолинита при 25°C (моль/м²/с).
	Illite: log10 KH25	-11.47	Потенциал скорости растворения иллита при 25°C (моль/м²/с).
	Montmorillonite: log10 KH25	-9.8	Потенциал скорости растворения монтмориллонита при 25°C (моль/м²/с).
	Hornblende: log10 KH25	-10.2	Потенциал скорости растворения горнбленды при 25°C (моль/м²/с).
	Fayalite: log10 KH25	-6.0	Потенциал скорости растворения фаялита при 25°C (моль/м²/с).
	Anorthite: log10 KH25	-10.0	Потенциал скорости растворения анортита при 25°C (моль/м²/с).
	Otherite: log10 KH25	-9.85	Потенциал скорости растворения другого минерала при 25°C (моль/м²/с).

Влияние среднегодовых температур на микробиологическую активность и органическое вещество почвы

Article | [Open access](#) | Published: 08 January 2024

Microbially mediated mechanisms underlie soil carbon accrual by conservation agriculture under decade-long warming

Jing Tian , Jennifer A. J. Dungait, Ruixing Hou, Ye Deng, Iain P. Hartley, Yunfeng Yang, Yakov Kuzyakov, Fusuo Zhang , M. Francesca Cotrufo  & Jizhong Zhou 

Nature Communications **15**, Article number: 377 (2024) | [Cite this article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 22 April 2025

Soil organic carbon stabilization is influenced by microbial diversity and temperature

Yun Liang , Eva F. Leifheit, Anika Lehmann & Matthias C. Rillig

Scientific Reports **15**, Article number: 13990 (2025) | [Cite this article](#)

780 Accesses | 9 Altmetric | [Metrics](#)



Geoderma
Volume 438, October 2023, 116618

Warming-dominated climate change impacts on soil organic carbon fractions and aggregate stability in Mollisols

Meng Zhou ^{a, b}, Yang Xiao ^{a, b}, Xingyi Zhang ^a, Yueyu Sui ^a, Lilei Xiao ^c, Jinkuo Lin ^d, Richard M. Cruse ^e, Guangwei Ding ^f, Xiaobing Liu ^{a, b, 1} 



Soil Biology and Biochemistry
Volume 177, February 2023, 108905

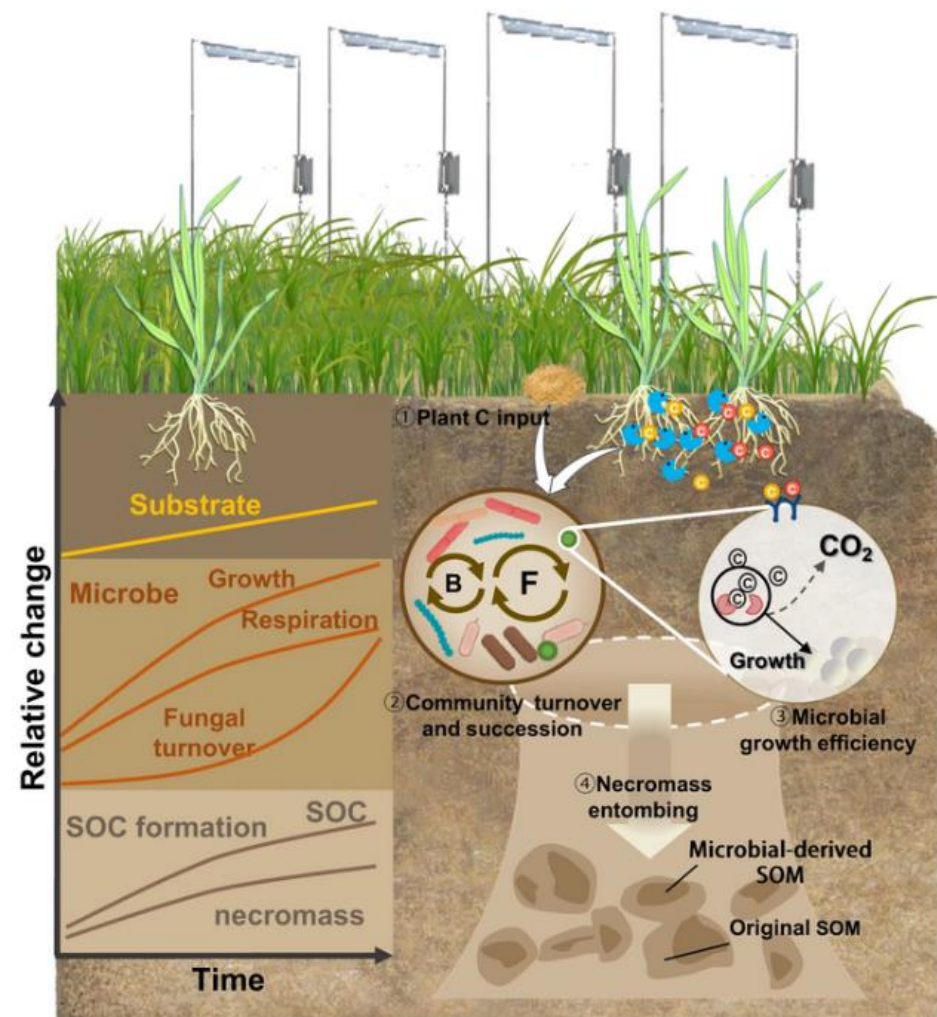


Long-term warming reduces surface soil organic carbon by reducing mineral-associated carbon rather than “free” particulate carbon

Ying Chen ^a, Mengguang Han ^a, Xia Yuan ^b, Huakun Zhou ^c, Xinquan Zhao ^c, Joshua P. Schimel ^d, Biao Zhu ^a 

Рост среднегодовых температур:

- Повышает скорость минерализации органического вещества за счет роста микробной ферментативной активности;
- Сокращает микробное разнообразие почв и эффективность использования углерода микроорганизмами;
- Снижает защищенность ОВ от разложения, поскольку уменьшает активность процессов агрегации, устойчивости почвенных агрегатов, а также содержание агрегат-связанного и минерально-ассоциированного пулов ПОВ (на 20 % за 20 лет повышения температуры воздуха и почвы на 1°);



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



стратегическая цель Парижского соглашения – удержание глобальной средней температуры к концу XXI ниже 2° сверх доиндустриальных показателей и приложение усилий в целях ограничения роста температуры на уровне 1,5°

основные направления борьбы с нежелательными последствиями
изменения глобального климата

**смягчение антропогенного воздействия на
климат и снижение выбросов парниковых газов**

развитие низкоэмиссионных углеродных технологий, неразрывно связанных в сельском и лесном хозяйстве с задачами по эффективному и устойчивому использованию почвенно-земельных и растительных ресурсов

адаптация к климатическим изменениям

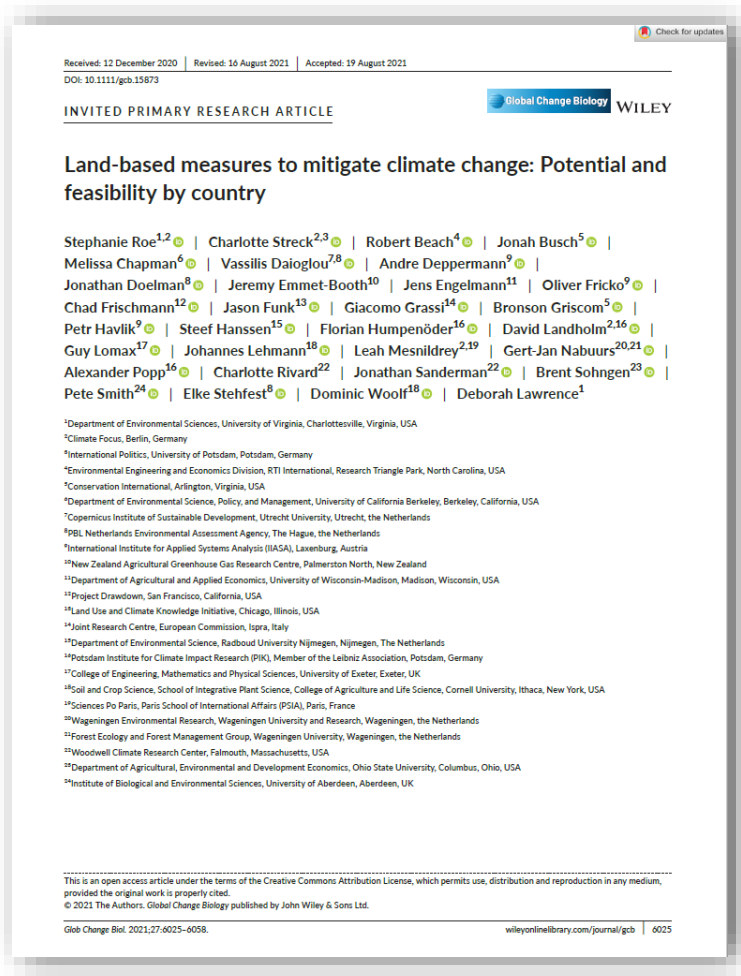
регулирование экологических, социальных или экономических систем в ответ на реальные, либо ожидаемые воздействия климата и их последствий

Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Парижское соглашение

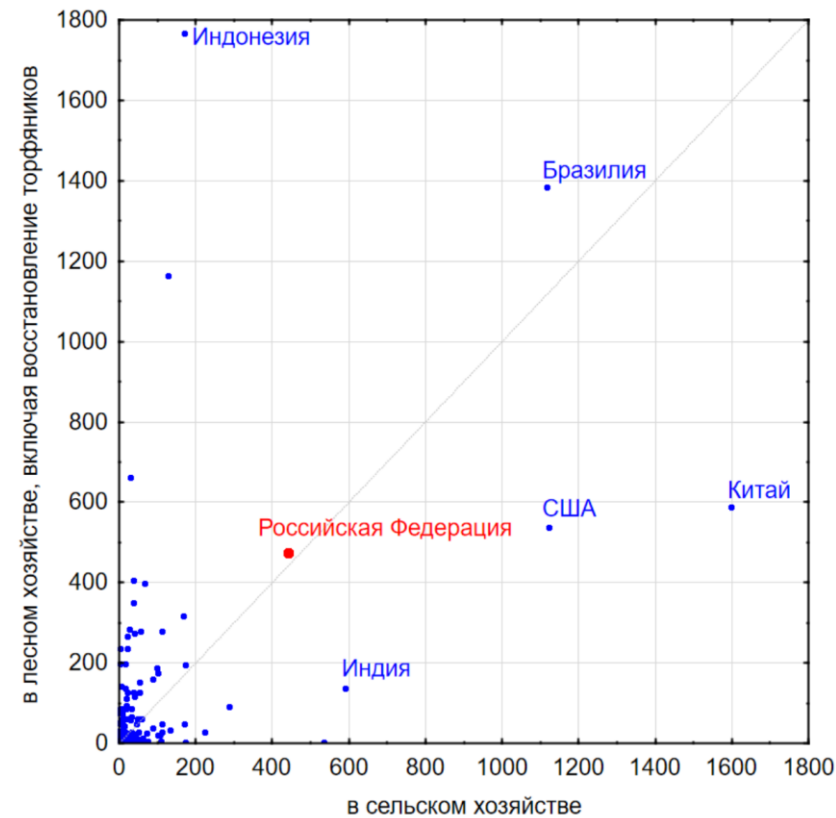
« Необходимо обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития Российской Федерации».

Указ Президента РФ от 4 ноября 2020 г. №666 «О сокращении выбросов парниковых газов»

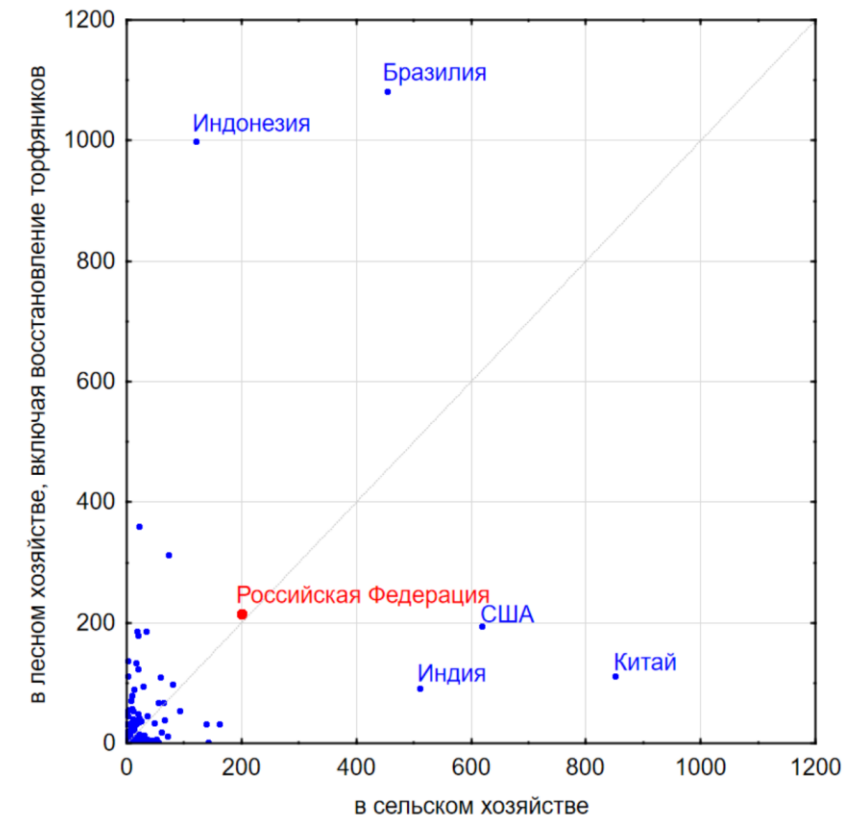
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СМЯГЧЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ СЕЛЬСКОЕ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ В 2020-2050 ГГ.



а) технически возможный



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



(млн т CO₂-экв. в год⁻¹)

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

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

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 CH4 и N2O 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	пашни	82,4	439,7	74,1	198,9
	почвах	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	

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



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.*
- ...



Российская система
климатического
мониторинга



ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
имени В.В.ДОКУЧАЕВА



БЮДЖЕТ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ АГРОЭКОСИСТЕМ

