

# **Потоки и резервуары углерода на территории России**

***Конвенция по климату обязывает (Рио-де-Жанейро, 1992):***

- уменьшать источники  $\text{CO}_2$
- увеличивать стоки
- сохранять резервуары предшественников парниковых газов.

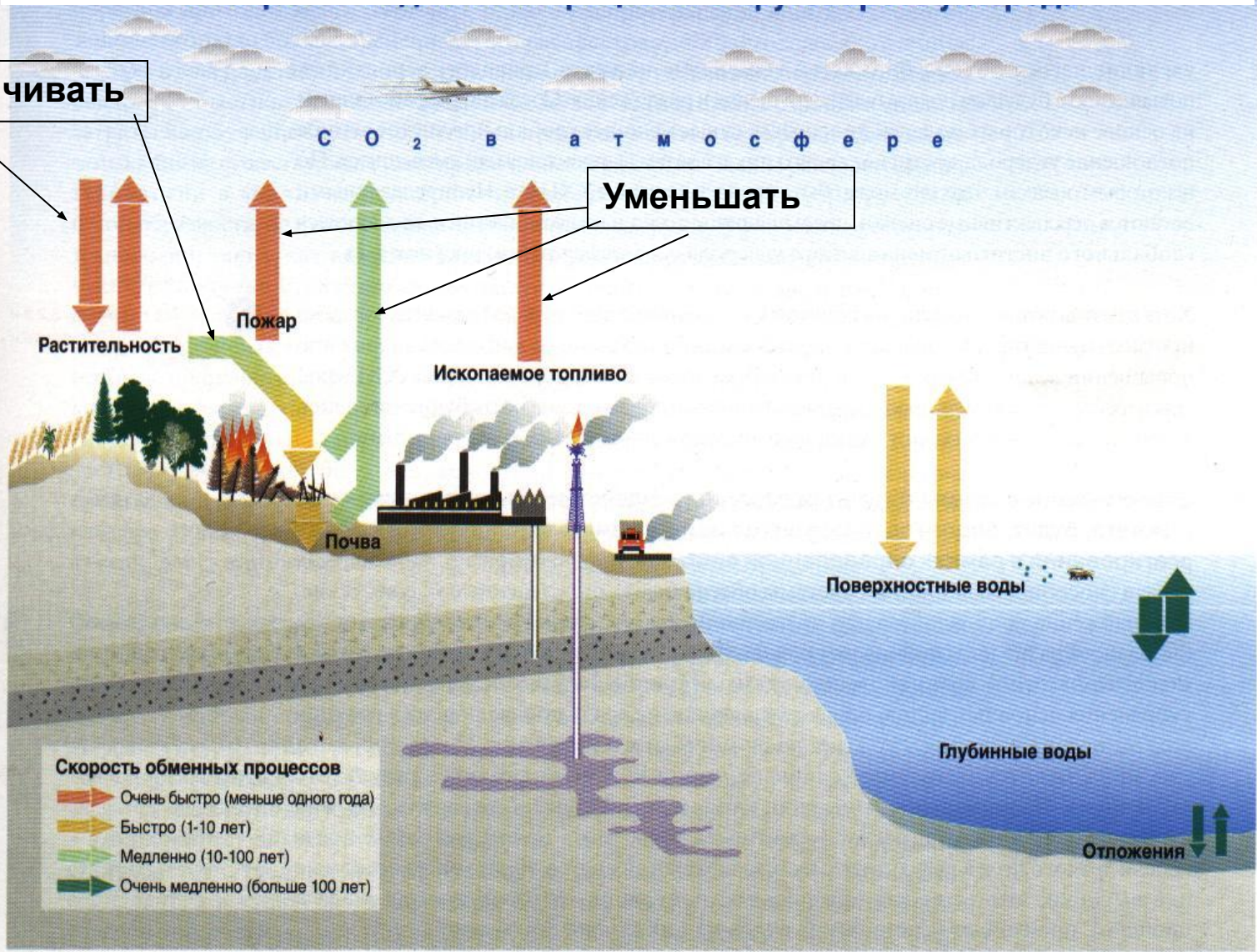
***Киотский протокол обязывает (Киото, 1997):***

- ограничить промышленные источники  $\text{CO}_2$
- увеличить сток углерода в «леса Киото»

# Цели Киотского Протокола

Увеличивать

Уменьшать



# Рамочная комиссия ООН по изменению климата (РКИК)

Конечная цель РКИК ООН заключается в том, чтобы **«добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему».**

- Для достижения этой цели члены РКИК ООН принимают на себя ряд обязательств. Главное из которых состоит в **«содействии рациональному использованию поглотителей и накопителей всех парниковых газов, включая биомассу, леса и океаны и другие наземные, прибрежные и морские экосистемы».**
- Однако за два с лишним десятилетия, прошедшие с момента принятия РКИК ООН, достижения на пути реализации данного пункта были крайне скромными. В основном они связаны лишь с управлением лесами развитых стран в рамках Киотского протокола.

Среди многочисленных экосистем Мира имеются экосистемы, накапливающие наибольшие объемы углерода, **а именно, тундры, степи, торфяники.**

Примеры, характеризующие глобальное значение этих экосистем:

- **Экосистемы криосферы** (то есть преимущественно тундры) при доле площади 16% хранят около 50% запасов углерода глобального почвенного покрова.
- **Степи** являются мощным накопителем углерода в расчете на единицу площади, экосистемные запасы углерода здесь выше в 1.6 раза, чем в бореальных лесах.
- Самые мощные накопители углерода среди всех наземных экосистем представлены **торфяниками**, у них средние на единицу площади запасы углерода выше по сравнению с бореальными лесами в 7 раз.

# Запасы органического углерода в почвах и торфах России

Зоны	Площадь, млн. га	Запасы С в 0 - 100 см	
		т/га	Гт
Полярно - Тундровая	181	106	19,2
Лесотундровая – Северотаёжная	233	168	39,4
Среднетаёжная	238	219	52,0
Южнетаёжная	237	262	61,9
Лесостепная	681 (40%)	304	38,4
Степная	80	267	21,3
Сухостепная	28	100	2,8
Полупустынная	15	73	1,1
Горные области	576		60,0
<b>Всего</b>	<b>1714</b>		<b>296,1</b>

(Орлов, Бирюкова, 1995)

# Площади почв и запасы С орг. в них

Наименование	Площадь млн. км <sup>2</sup>	%	Запасы С орг. в слое 0-100 см Г т	%
Почвы Мира	143.6	100	1500	100
Почвенный покров России	16.9	11.7	296	20

# Углерод фитомассы в экосистемах Мира и России

Наименование	Г т	%
<b>Наземные экосистемы</b> <b>Мира</b> <i>(IPCC, 1990)</i>	<b>550</b>	<b>100</b>
<b>Лесные системы России</b> <i>(Исаев, Коровин, 1999)</i>	<b>39.8</b>	<b>7</b>



# Почвенно-растительный пул углерода и относительный вклад в него почвы и растительной биомассы

Регионы	Надземная биомасса + почва, <i>Gt C</i> (0-100 см)	Вклад (%) почвенного <i>C</i> орг. (0-100 см)	Вклад (%) надземной растительной биомассы
Мир	<i>2050</i>	<i>73</i>	<i>27</i>
Россия	<i>340</i>	<i>88</i>	<i>12</i>

# Запасы органического углерода в почвах и эмиссия CO<sub>2</sub>

Почвенный покров	Эмиссия С- CO <sub>2</sub> из почв, Гт/год	Запасы С <sub>орг</sub> в почвах (0-100 см), Гт	Эмиссия CO <sub>2</sub> в % к запасам С <sub>орг</sub> в почвах
Мира (IPCC)	60	1500	4.00
России	4.3	296	1.45

# Наземные экосистемы и дыхание ПОЧВ

Экосистемы	Млн. км <sup>2</sup>	% от общей наземной территории Земли	Почвенное дыхание (C-CO <sub>2</sub> ), % от мирового
Тропическая+субтропическая	17.4	12	34
Умеренная хвойная и лиственная	26.0	18	18
Тундры, болота	6.5	4.5	0.9
Россия (вся территория)	16.9	11.7	6.3

# Микробное дыхание почв России

Почвенно-климатические зоны	Площадь, млн. га	C - CO <sub>2</sub> , млн. т/год	т/га/год
Полярно-тундровая	181	89	0.49
Лесо-тундровая северотаежная	233	245	1.05
Средне-таежная	238	499	2.09
Южно-таежная	237	663	2.79
Лесостепная	126	440	3.49
Степная	80	307	3.83
Сухостепная	28	39	1.39
Полупустынная	15	16	1.06
Горные	576	604	1.04
Всего	1714	2902	1.69

# Эмиссия CO<sub>2</sub> из почв в % к запасам С в почвах

<i>Почвенно-климатические зоны</i>	<i>%</i>
<b>Полярно-тундровая</b>	<b>0.46</b>
<b>Лесо-тундровая, северотаежная</b>	<b>0.62</b>
<b>Средне-таежная</b>	<b>0.96</b>
<b>Южно-таежная</b>	<b>1.07</b>
<b>Лесостепная</b>	<b>1.14</b>
<b>Степная</b>	<b>1.44</b>
<b>Сухостепная</b>	<b>1.4</b>
<b>Полупустынная</b>	<b>1.42</b>
<b>Горные</b>	<b>1.00</b>
<b>Среднее</b>	<b>1.01</b>

# Факторы продукции и деструкции

## *Продукция зависит от:*

1. Освещенности
2. Температуры воздуха
3. Влажности

## *Деструкция зависит от:*

1. Температуры почвы
2. Влажности почвы
3. Затопления (заболачивания)

**Продукция и деструкция зависят от этих факторов по-разному**

# **Ловушки для органического углерода определяются блокированием микробной деструкции**

- **Анаэробная ловушка зависит от уровня грунтовых вод**
- **Холодная ловушка зависит от температуры почвы**
- **Физическая ловушка зависит от погребения в осадках**

**Экосистема служит источником или  
стоком  $\text{CO}_2$  в зависимости от  
*баланса*  
первичной продукции  
и  
микробной деструкции**



# Леса и болота России определяют баланс углерода Северной Евразии



# Естественные изменения мощности степных почв

(Оценка на основе палеопочвенного метода)

## Увеличение мощности почв

- **Маломощные черноземы**  
Поволжья и Украины:  
последние 4 тыс. лет  
развивались со скоростью  
**+1 см/100 лет**
- **Среднемощные черноземы**  
Поволжья, Украины, ЦЧО в  
период 4-2.4 тыс лет назад  
развивались  
**+3.5 см/100 лет**
- **Мощные черноземы**  
Предкавказья, ЦЧО.  
В период 4-1 тыс лет назад  
развивались со скоростью  
**+1.5 см/100 лет**

## Уменьшение мощности почв

- **Нормальная денудация**  
осредненная за 4 тыс лет  
**0.6-0.7 см/100 лет.**  
Суммарная величина денудации  
почв за 7 тыс лет – **45 см.**
- **Ускоренная водная денудация,  
эрозия, вызванная распашкой,**  
перевыпасом скота за последние  
0.8 тыс лет **1.1 см/100 лет**
- **Ветровая денудация** имела  
преимущественно локальный  
характер
- **Трещинная деградация**  
гумусового горизонта в период  
5.2-3.8 тыс. лет назад составляла  
**0.4-1.0 см/100 лет**

(Иванов, Табанакова, 2004)



# Перенос $C_{\text{орг}}$ в результате эрозии почв Европейской части РФ

## *Эрозии подвержено:*

- сельскохозяйственных земель - **23%**;
- пашни – **27%**.  
(в Центрально-Черноземном районе – **53-56%**).
- увеличение площади смытых почв в черноземной полосе – **0.3% в год**,  
в некоторых районах – **до 1% в год**.

## *Потери твердой фазы:*

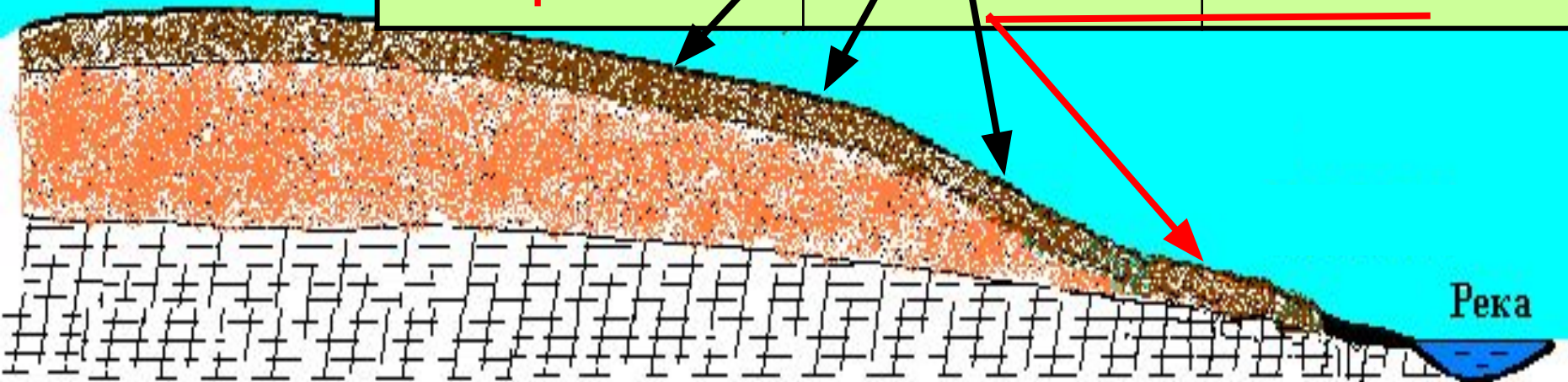
- для серых лесных, оподзоленных и выщелоченных черноземов  
**5.8-6.7 т/га**;
- средняя скорость смыва **6.0 т/га**.

## *Смыв $C_{\text{орг}}$ с твердой фазой:*

- оподзоленные и выщелоченные черноземы  
**170-220 кг С/га/год**;
- серые лесные и дерново-подзолистые  
**90-120 кг С/га/год**

# Переотложение С орг. в почве по элементам рельефа, (%)

<i>Элемент рельефа склона</i>	<i>Серая лесная</i>	<i>Дерново-подзолистая</i>
Верхняя часть	2.87	0.83
Средняя часть	2.25	0.82
Нижняя часть	2.73	1.34
<b>Шлейф склона</b>	<b>3.50</b>	<b>1.97</b>



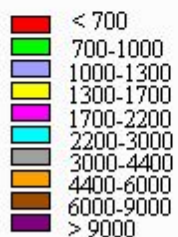
# Возраст С орг. в осадках старичного озера (Волго-Ахтубская долина)





# ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ РОССИИ



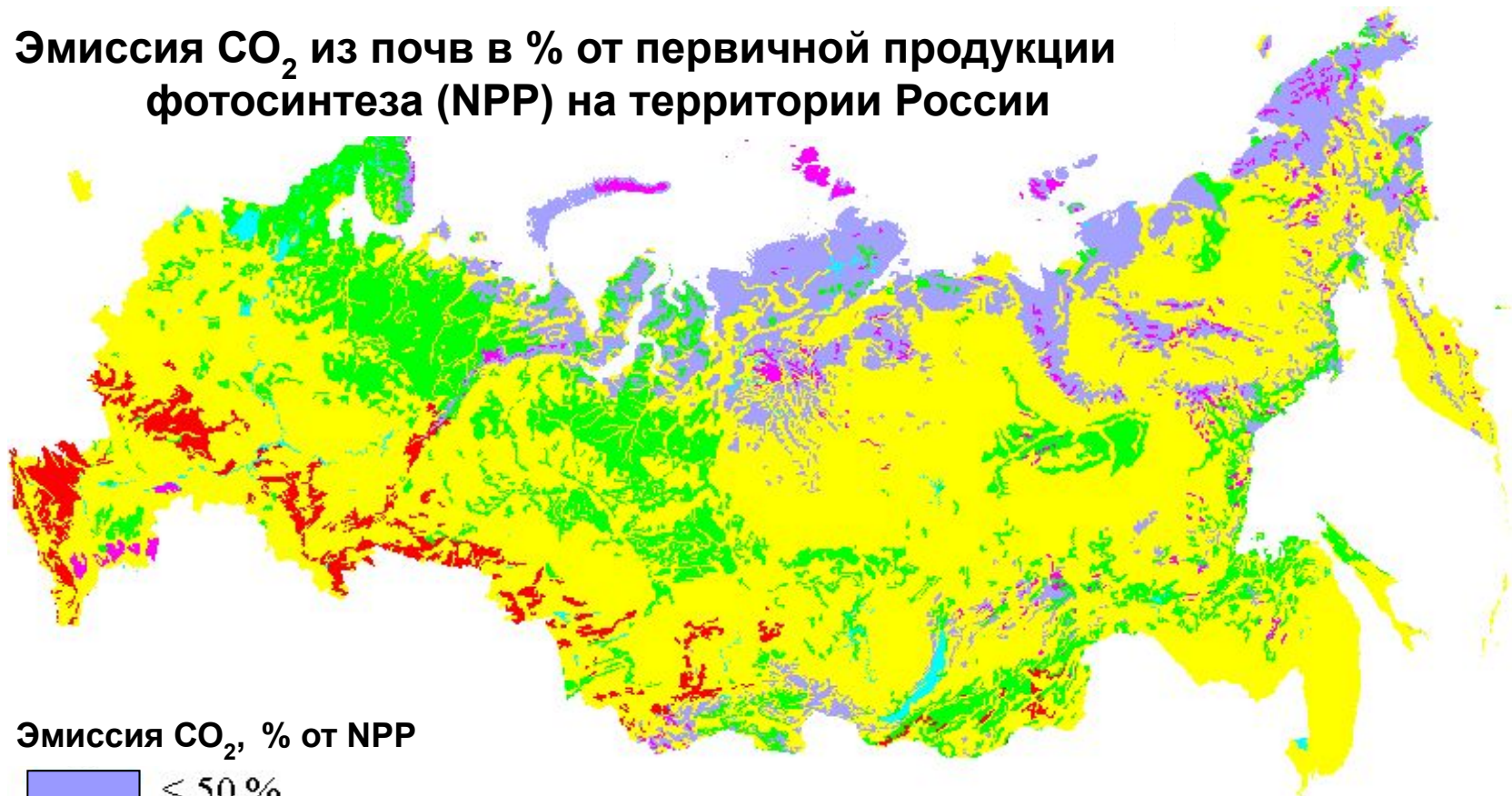
Эмиссия CO<sub>2</sub>, кг С-CO<sub>2</sub> / га / год



 водные объекты  
 непочвенные объекты

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушкино, Московская область

# Эмиссия CO<sub>2</sub> из почв в % от первичной продукции фотосинтеза (NPP) на территории России



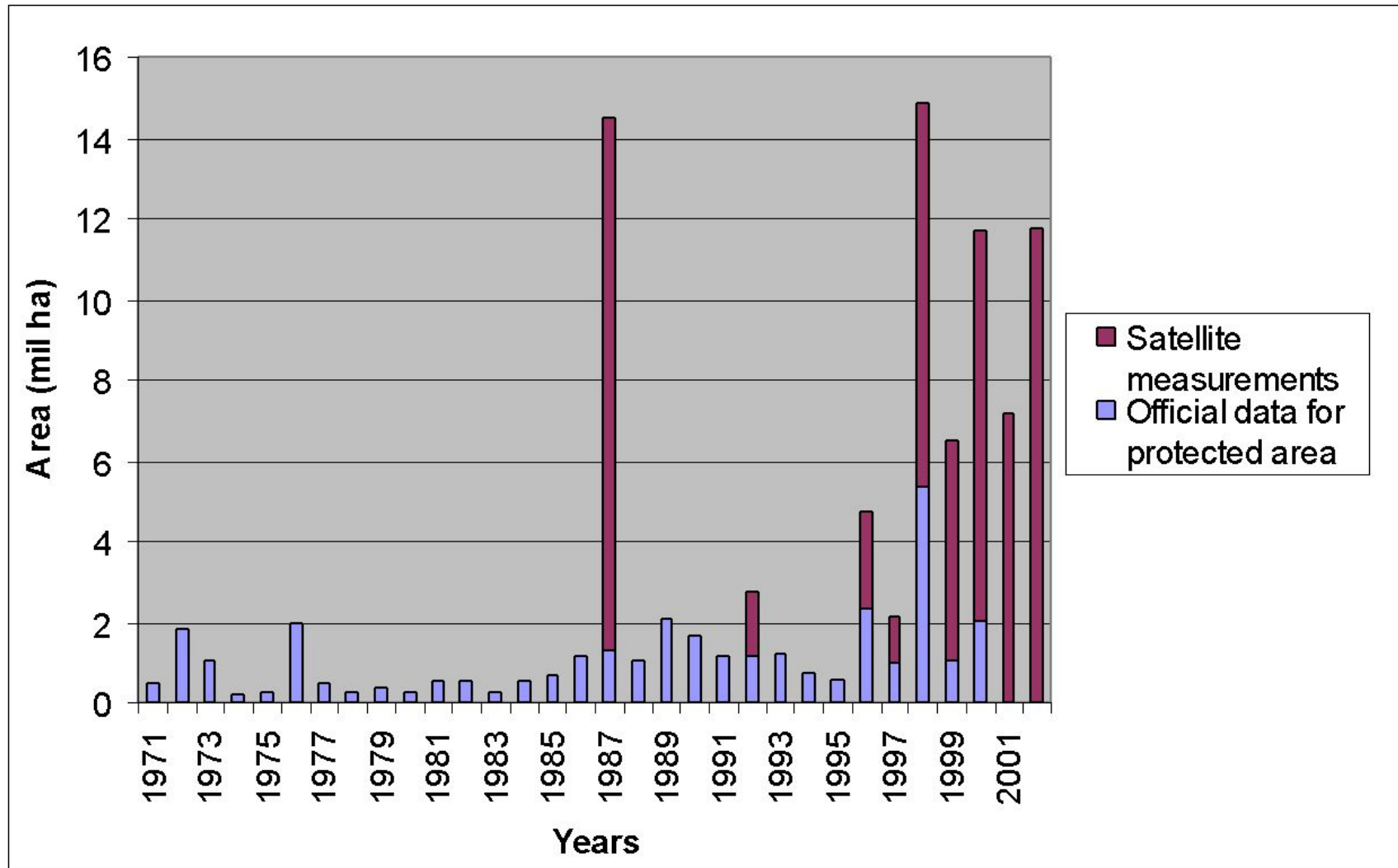
Эмиссия CO<sub>2</sub>, % от NPP



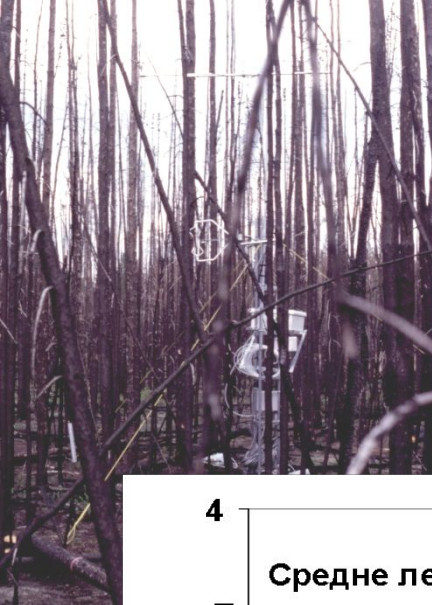
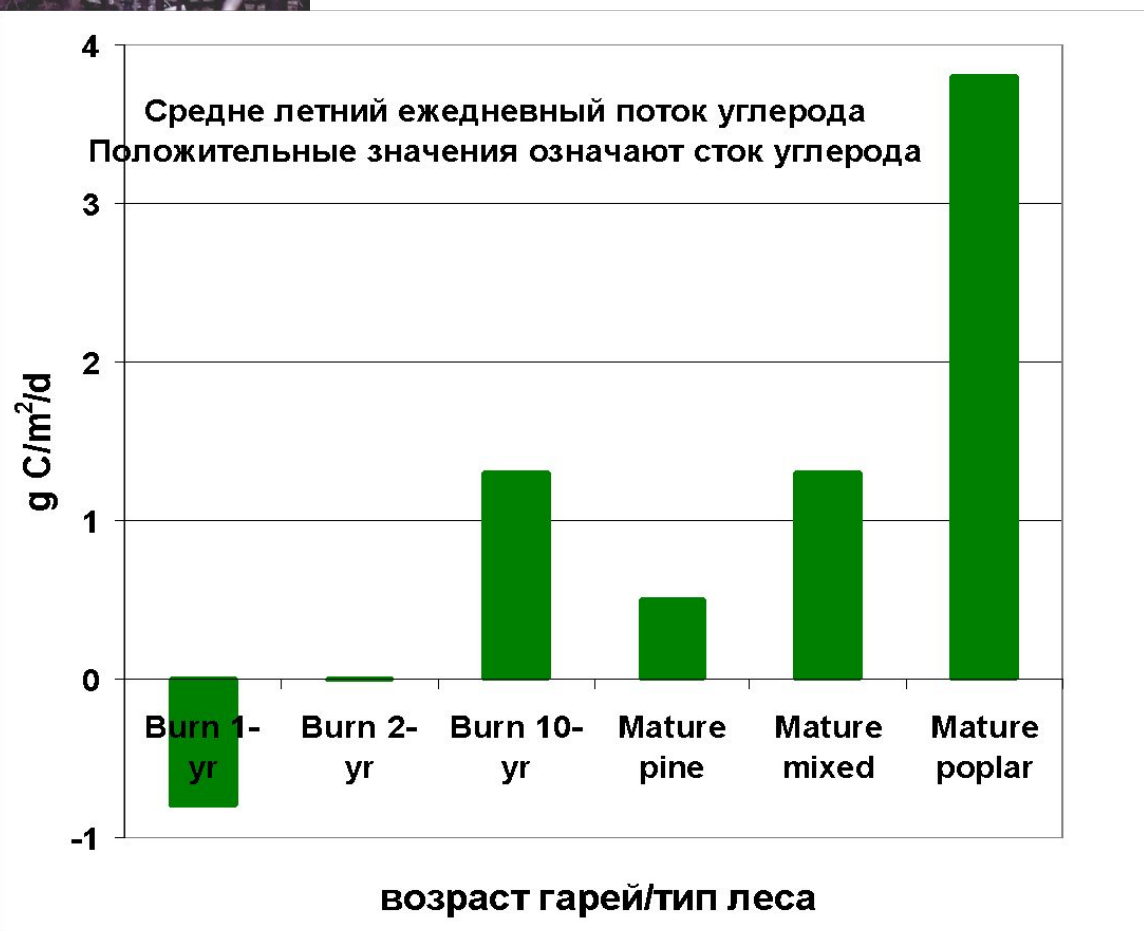
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН



# Лесные пожары в России за 1971-2002



**Сравнение газообмена  $CO_2$  на площадках, недавно пройденных огнем со спелыми насаждениями (бореальные леса Канады).  
Потоки  $CO_2$  измерялись методом (eddy covariance from towers)**



# Непочвенная эмиссия CO<sub>2</sub> на территории России (среднее за 1996-2006 гг.)

Источники	CO <sub>2</sub> -С, млн. т/г	% от общего
Ископаемое топливо*	418	51.5
Продукция сельского хозяйства*	108.3	13.3
Заготовка древесины*	18.6	2.3
Добыча торфа*	2.03	0.3
Лесные пожары*	12.0	1.5
После пожарная эмиссия*	12.0	1.5
Поражение леса вредителями*	2.7	0.3
Разложение дebrиса**	214	26.4
Известкование почв*	0.36	0.05
Речной сток (растворимый С)	21.8	2.7
Вымывание карбонатов из почв****	1	0.01
<b>Всего</b>	<b>811</b>	<b>100</b>

\*Расчеты сделаны на основе статистических материалов – Россия в цифрах, 2008;

\*\*Замолодчиков и др., 2004;

\*\*\*Виноградов и др., 1999;\*\*\*\*Рысков и др., 2004

# Баланс $\text{CO}_2$ -С на территории России в среднем за год (1996-2006)

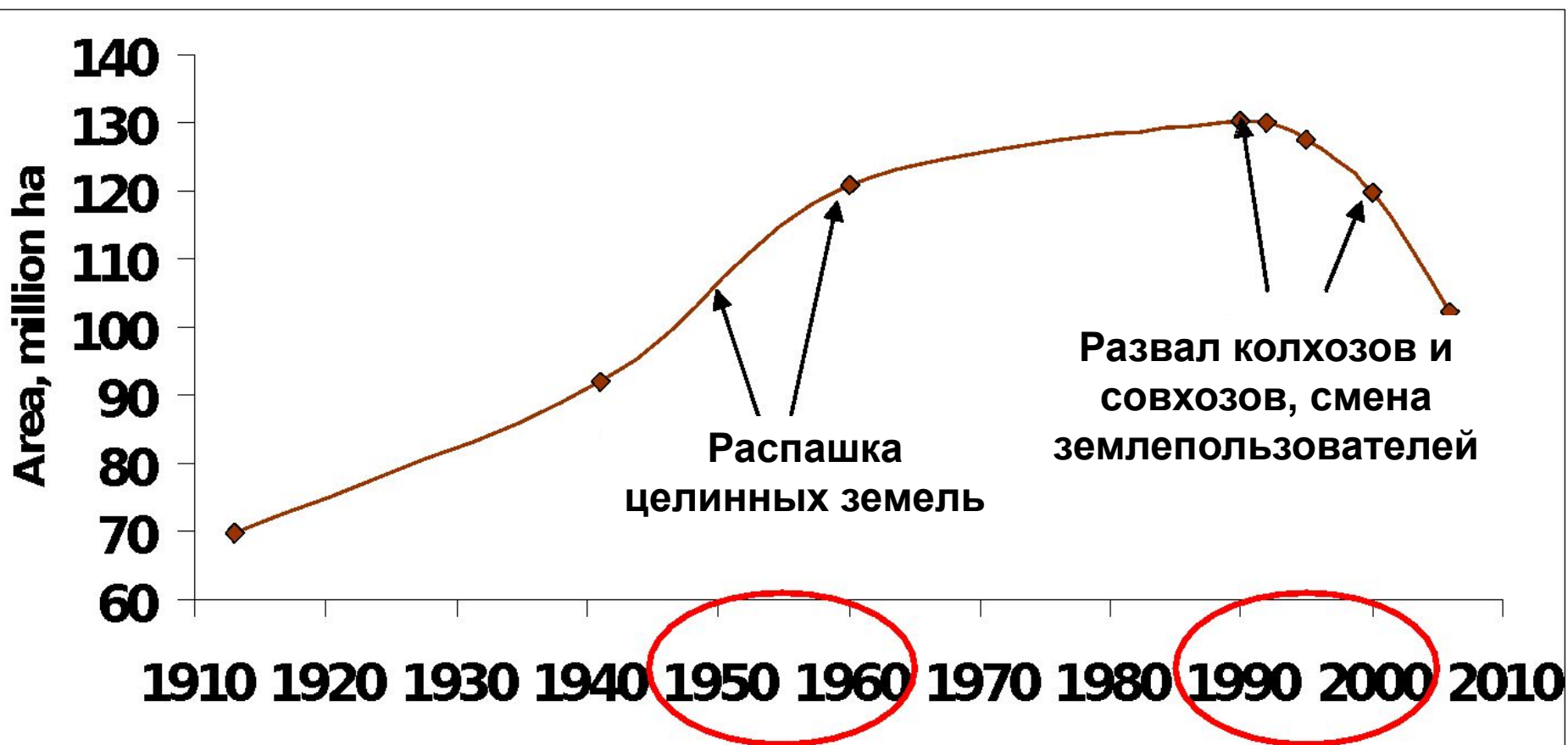
Компоненты баланса	Мт/год	%
<b>НРР</b>	<b>4450</b>	<b>100</b>
<b>Эмиссия (источники) <math>\text{CO}_2</math></b>	<b>3611</b>	<b>81</b>
<b>В том числе:</b>		
дыхание почвенных м/о	2800	63
непочвенная эмиссия	811	18
<b>Баланс</b>	<b>839</b>	<b>20</b>

**Оценки обмена CO<sub>2</sub> между атмосферой и наземными экосистемами по результатам 17 моделей (С, Гт/год) Gurney et al (25 авторов), 2003**

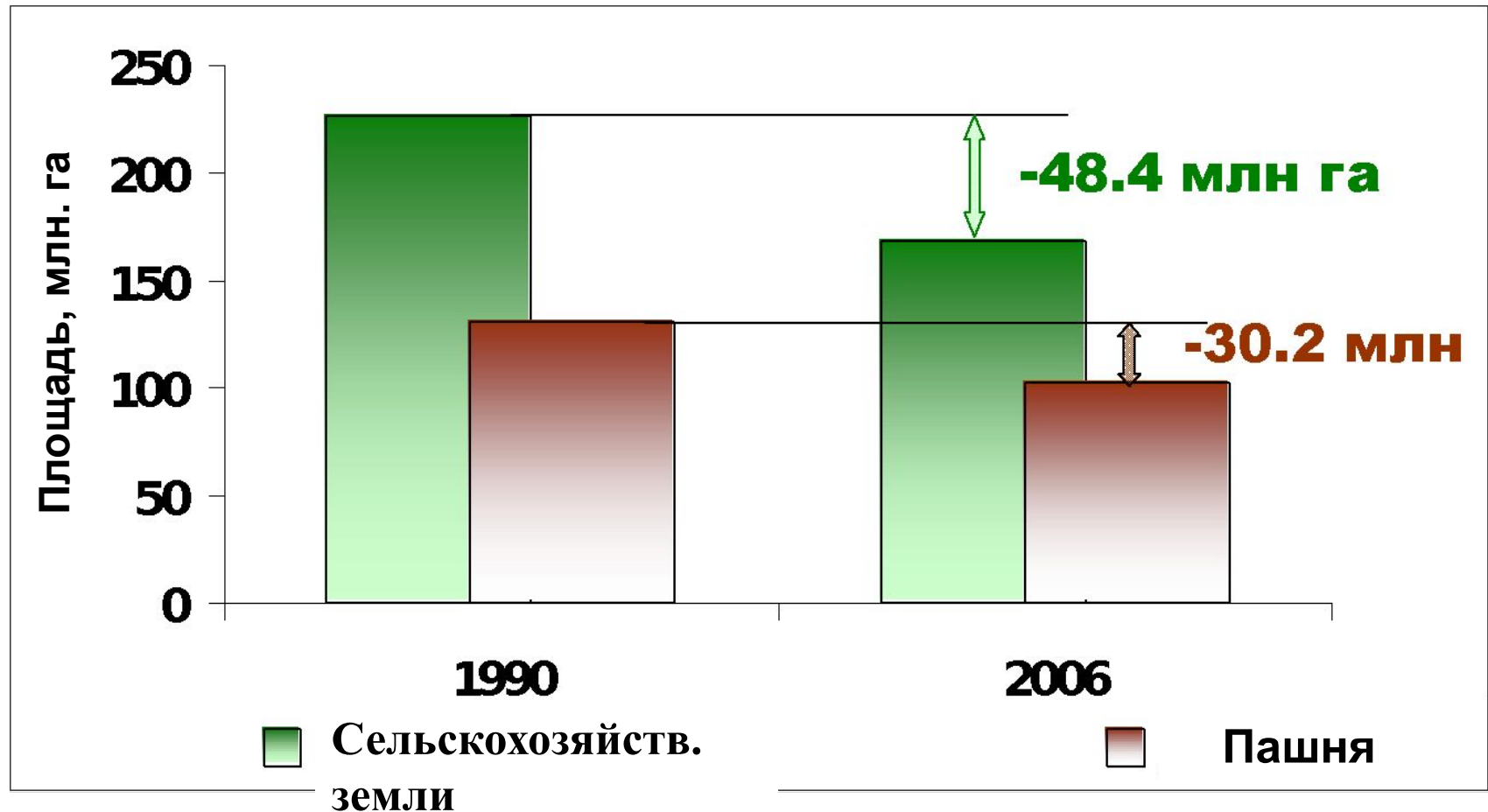
<b>Регион, климат зона</b>	<b>Мин</b>	<b>Макс</b>	<b>Среднее</b>
<b>Бореальная Азия</b>	<b>0.71±0.52</b>	<b>-1.7±0.58</b>	<b>-0.58</b>
<b>Европа</b>	<b>-0.02±0.58</b>	<b>-1.2±0.35</b>	<b>-0.60</b>
<b>Бореальная Сев. Америка</b>	<b>0.71±0.28</b>	<b>-0.21±0.32</b>	<b>0.26</b>
<b>Умеренная Сев. Америка</b>	<b>-0.34±0.61</b>	<b>-1.77±0.33</b>	<b>-0.81</b>



# Динамика площади пахотных земель РФ за 1913-2008 г.



# Структурные изменения сельскохозяйственных земель за 1990-2006 гг.



Площадь пашни уменьшилась на 23%, а общая площадь с/х земель сократилась на 21.4% за период 1990-2006 гг.



# Аккумуляция С гумусовых веществах главных типов почв ( 0-20 см) в зависимости от возраста залежи (g C m<sup>2</sup> /yr ±SE)

Почвы	Возраст залежи, годы		
	1-15	15-30	1-77
Дероново-подзолистые	131 ±13	91 ±22	88 ±22
Серые лесные	134 ±36	76 ±26	100 ±23
Черноземы	175 ±52	129 ±44	81 ±32
Каштановые	66 ±24	не опр.	не опр.
<b>Все почвы</b>	<b>132 ±21</b>	<b>90 ±16</b>	<b>91 ±14</b>

На площади 30.4 млн. га залежных земель дополнительное секвестирование углерода в почвах оценивается в 554 млн т С за период 1990-2005 гг.

(Данные Кургановой И.Н. и Лопес-де-Гереню, 2009, 2010)