

# **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.

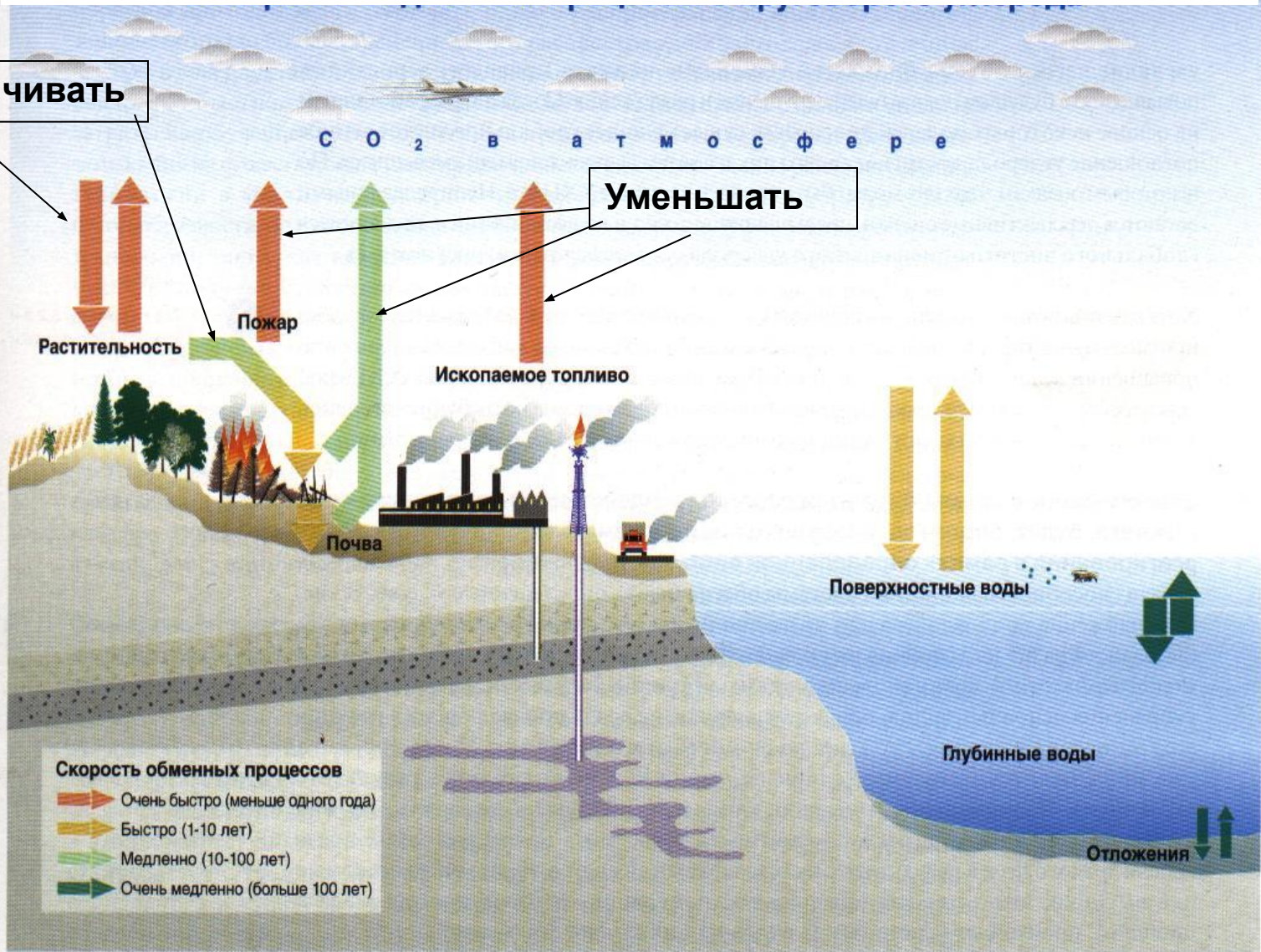
***Киотский протокол обязывает (Киото, 1997):***

- 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
Южнотаёжная	237	262	61,9
Лесостепная	126	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>

681  
(40%)

219  
262  
304  
267

174  
(60%)

(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 C- CO <sub>2</sub> из почв, Гт/год	Запасы C <sub>орг</sub> в почвах (0-100 см), Гт	Эмиссия CO <sub>2</sub> в % к запасам C <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**.

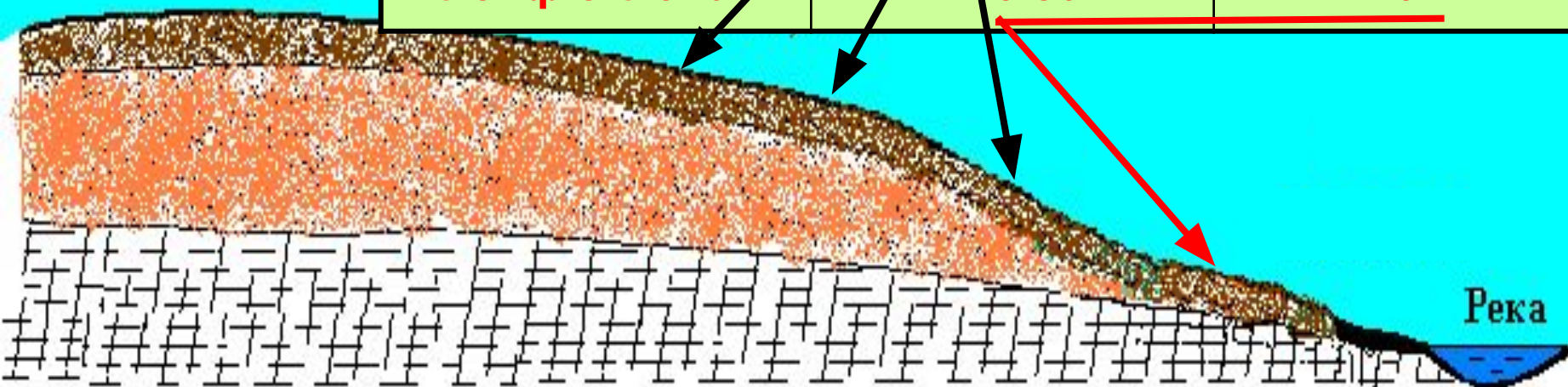
## *Смыв $C_{\text{орг}}$ с твердой фазой:*

- 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)

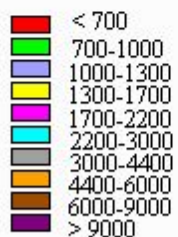
<u>Глубина, м</u>	<u>Радиоуглеродные даты (лет)</u>
0	900 ± 60
1	
2	2540 ± 130 3200 ± 60
3	
4	8500 ± 100
5	9560 ± 60



(Болиховская, 1990)

# ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ РОССИИ



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

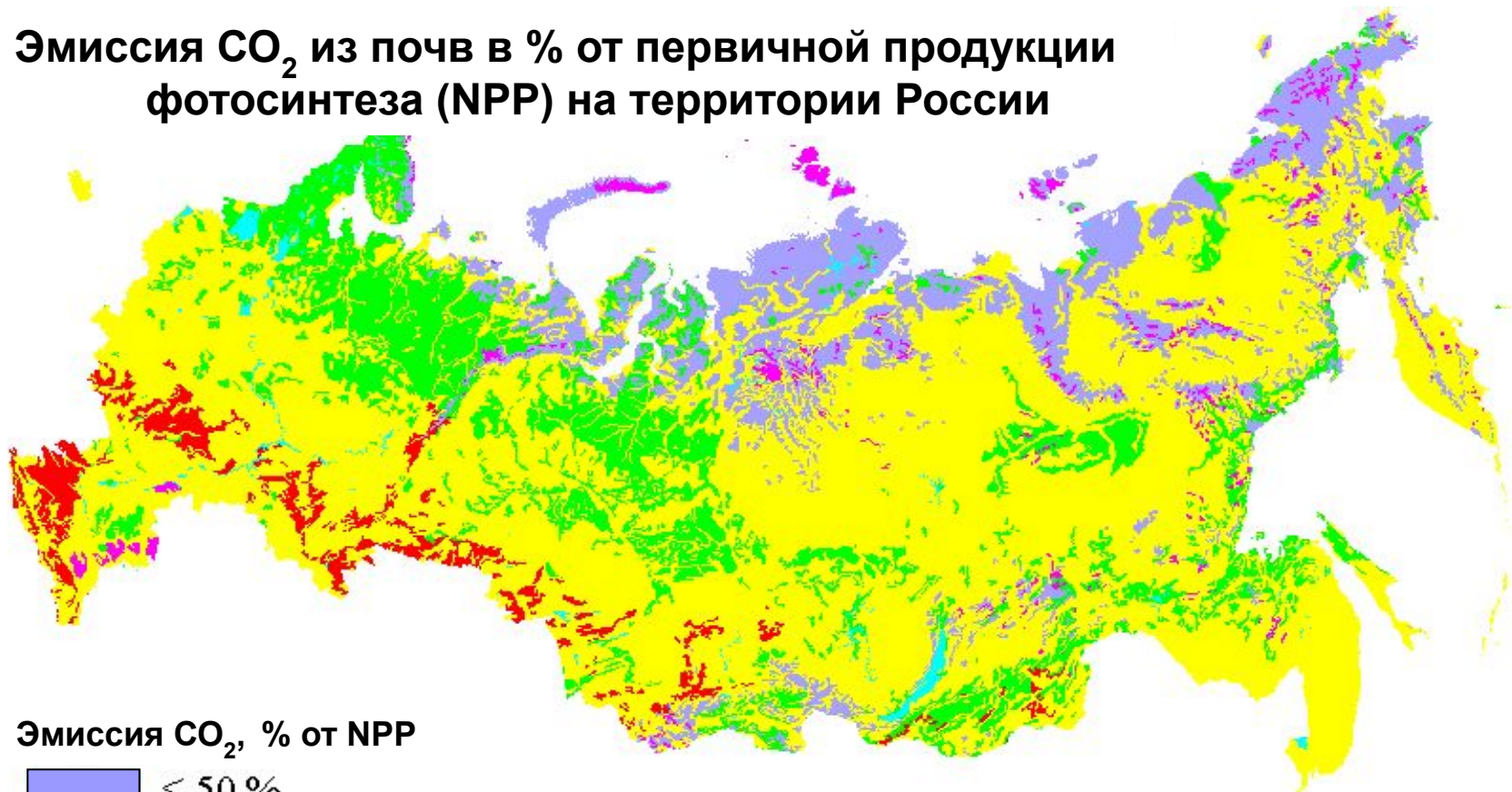


 водные объекты  
 непочвенные объекты

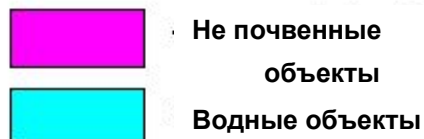
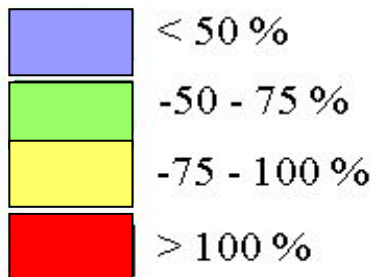
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушкино, Московская область



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



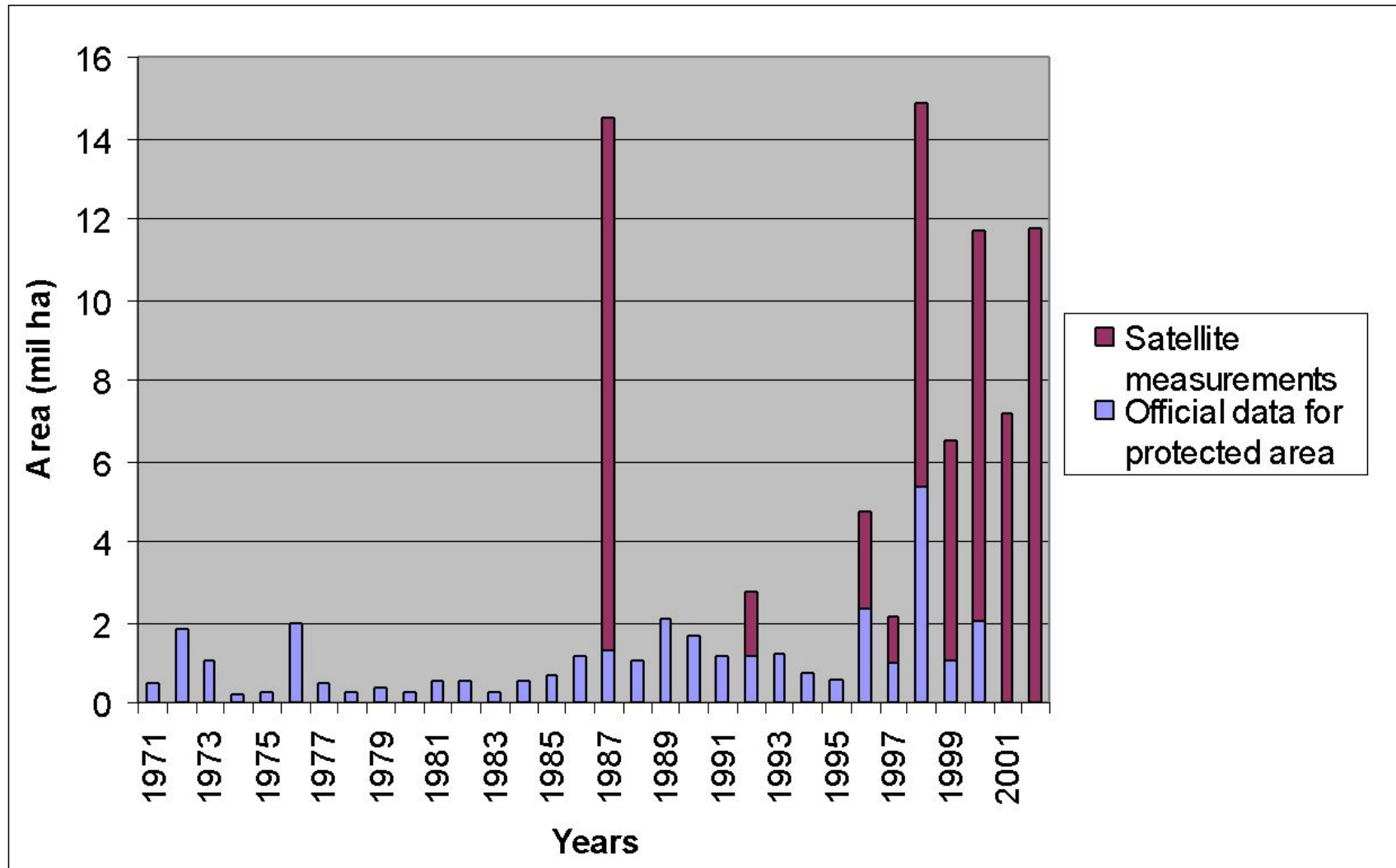
Эмиссия CO<sub>2</sub>, % от NPP



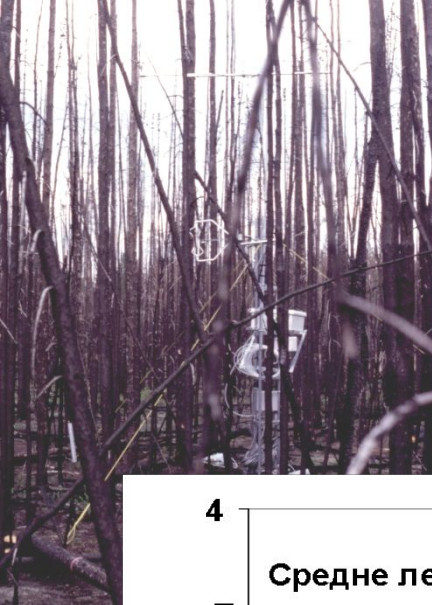
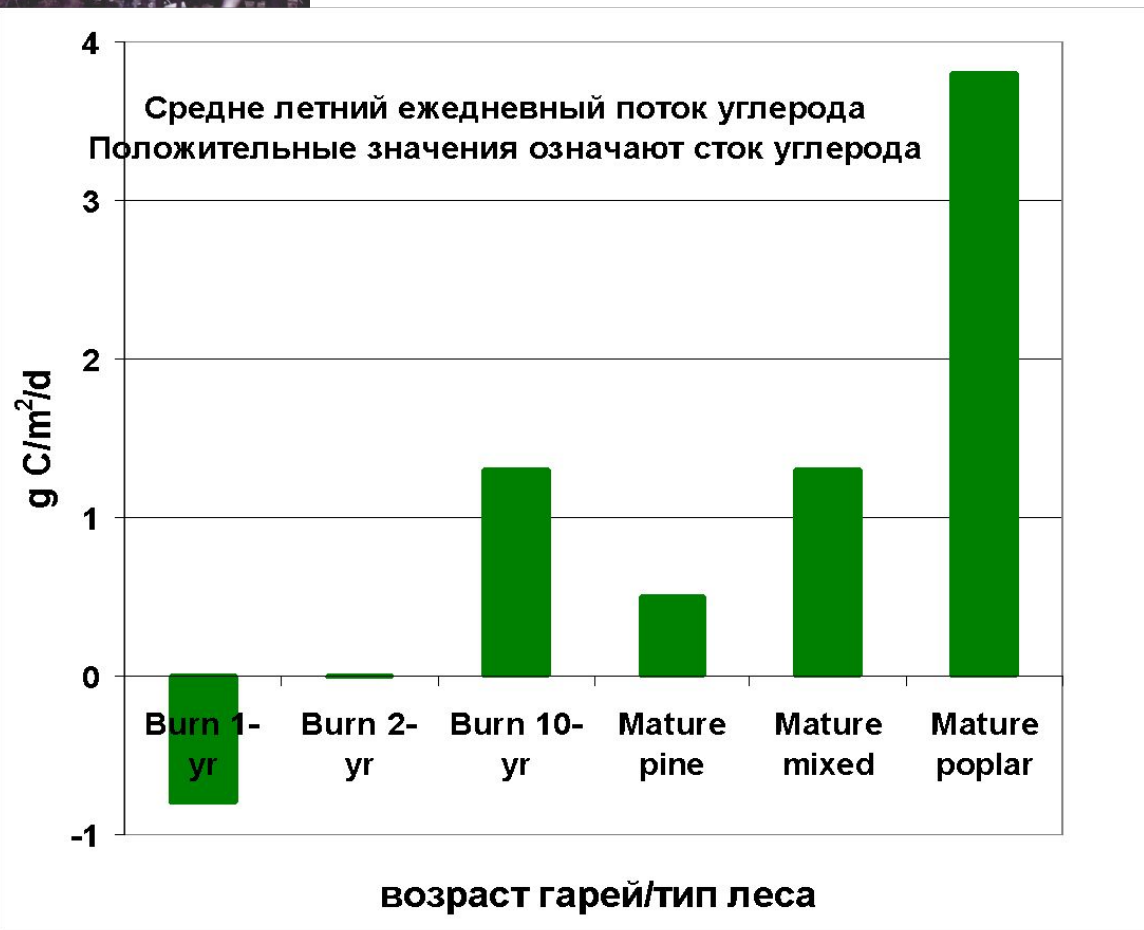
Институт физико-химических и  
биологических проблем  
почвоведения РАН



# 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 дробриса**	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 CO<sub>2</sub>-С на территории России в среднем за год (1996-2006)

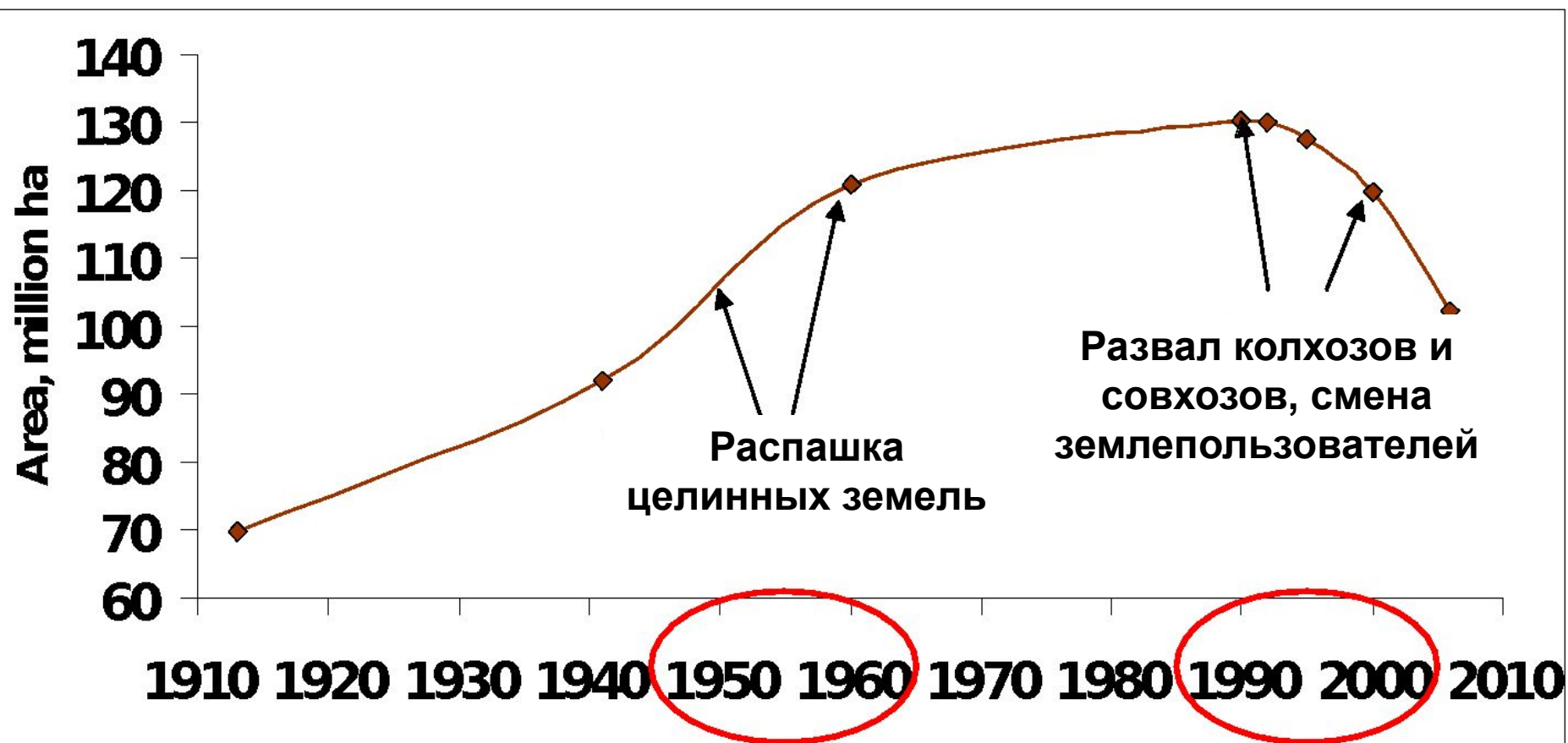
Компоненты баланса	Мт/год	%
<b>NPP</b>	<b>4450</b>	<b>100</b>
<b>Эмиссия (источники) CO<sub>2</sub></b>	<b>3611</b>	<b>81</b>
<b>В том числе:</b>		
дыхание почвенных м/о	2800	63
непочвенная эмиссия	811	18
<b>Баланс</b>	<b>839</b>	<b>20</b>

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

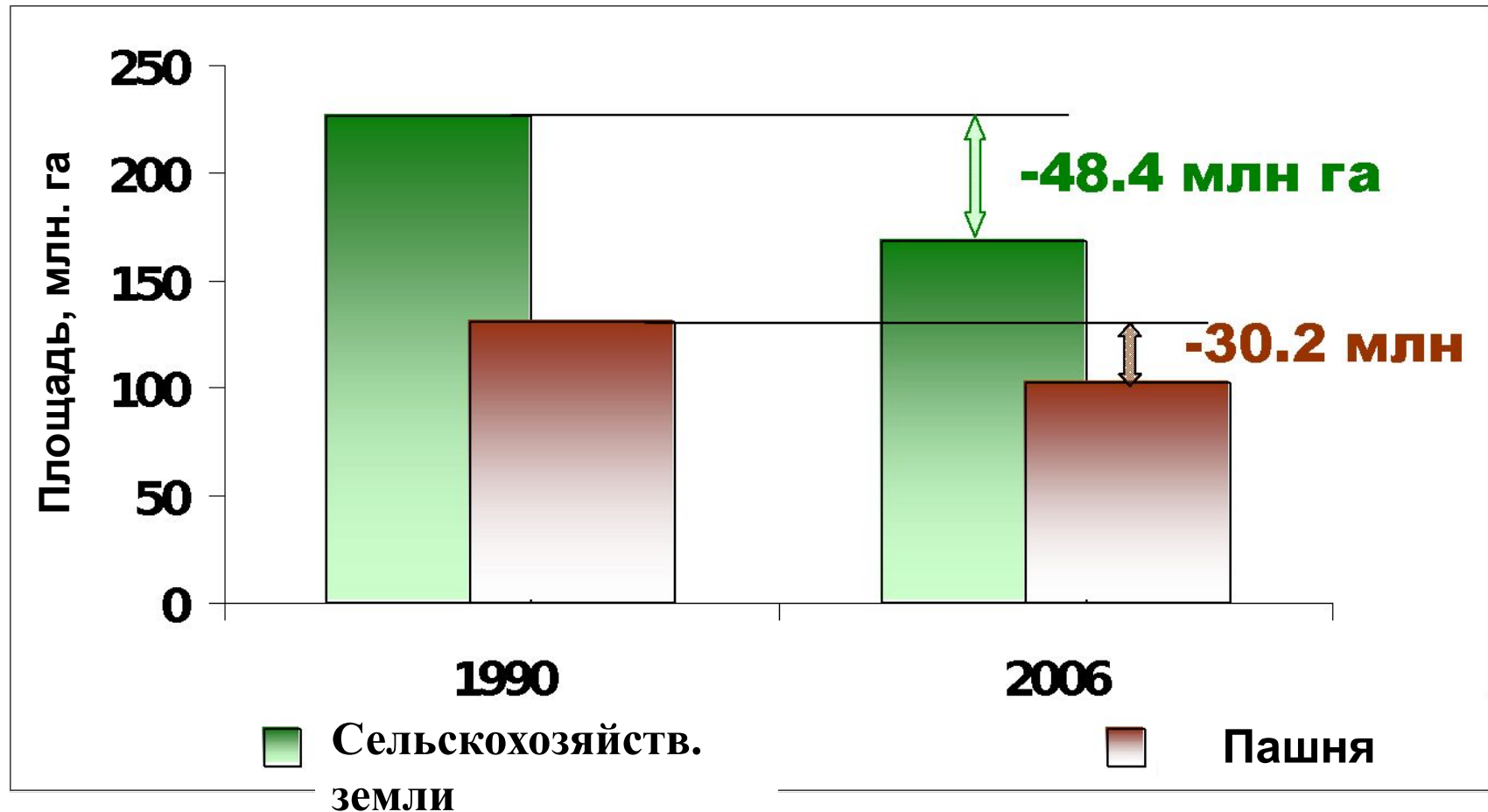
<b>Регион, климат зона</b>	<b>Мин</b>	<b>Макс</b>	<b>Среднее</b>
<b>Бореальная Азия</b>	<b>0.71±0.52</b>	<b>-1.7±0.58</b>	<b>-0.58</b>
<b>Европа</b>	<b>-0.02±0.58</b>	<b>-1.2±0.35</b>	<b>-0.60</b>
<b>Бореальная Сев. Америка</b>	<b>0.71±0.28</b>	<b>-0.21±0.32</b>	<b>0.26</b>
<b>Умеренная Сев. Америка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