

ВОСЬМАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"  
Институт космических исследований Российской академии наук

**Анализ долговременной изменчивости пожарной активности на территории  
России по ДДЗ MODIS MCD45 за 2000–2008 гг.  
(в применении к задачам экологии и исследованиям климата)**



**Вивчар А.В., Мусеенко К.Б.**

*vivechar@gmail.com*

*Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН  
Отдел исследований состава атмосферы*



**Москва 2010 г.**

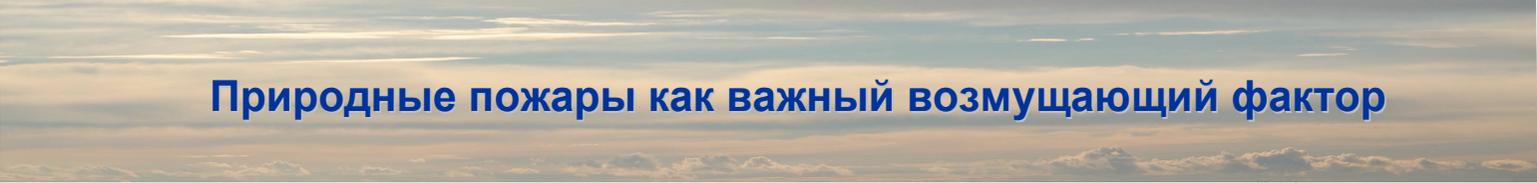


## Работа осуществляется в рамках проектов:

- Программа фундаментальных исследований Президиума РАН П-16/2 «Природные процессы в полярных областях Земли и их вероятное развитие в ближайшие десятилетия» (проект завершен);
- РФФИ 10-05-00214-а «Влияние природных пожаров на сезонную и долговременную изменчивость состава воздуха в северной Евразии, включая районы Арктики»;
- РФФИ 10-05-00317-а «Исследования атмосферной химии и баланса углерода в центральной Сибири на базе измерений на высотной мачте».

## Цель исследований:

Развитие научных представлений об основных физических и химических механизмах, определяющих долгосрочную изменчивость климатического режима и состава атмосферы в Северной Евразии.

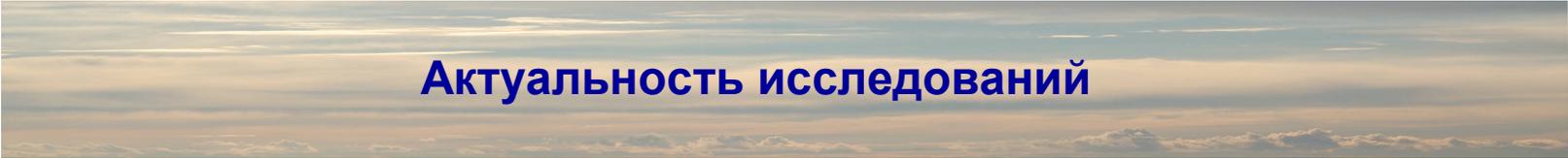


## Природные пожары как важный возмущающий фактор

### Последствия природных пожаров в наземных экосистемах и атмосфере средних широт Северного полушария:

- нарушение сложившихся экосистем и разрушение среды обитания множеств живых организмов; экономический ущерб;
- изменения свойств почвы и радиационного баланса земля – атмосфера;
- изменения химического состава и радиационных свойств атмосферы в результате эмиссий аэрозолей, углерод- и азотосодержащих соединений;
- изменения планетарного углеродного цикла и климата через эмиссии.

**Возмущающее влияние пожаров на состав атмосферы** проявляется в широком диапазоне пространственных и временных масштабов (от региональных до трансконтинентальных), как показывают данные многочисленных наблюдений.



## Актуальность исследований

- Количественные оценки эмиссий от климатически значимых естественных и антропогенных источников (включая природные пожары) в России известны с большой долей неопределенности.
- Для территории России практически не исследован вклад эмиссий от природных пожаров в региональный баланс химически активных газов и аэрозолей.
- Для территории Северной Евразии существующие оценки трендов площадей пожаров и сопутствующих эмиссий крайне разрознены и практически не поддаются обобщению в масштабах континента.



## Новизна результатов

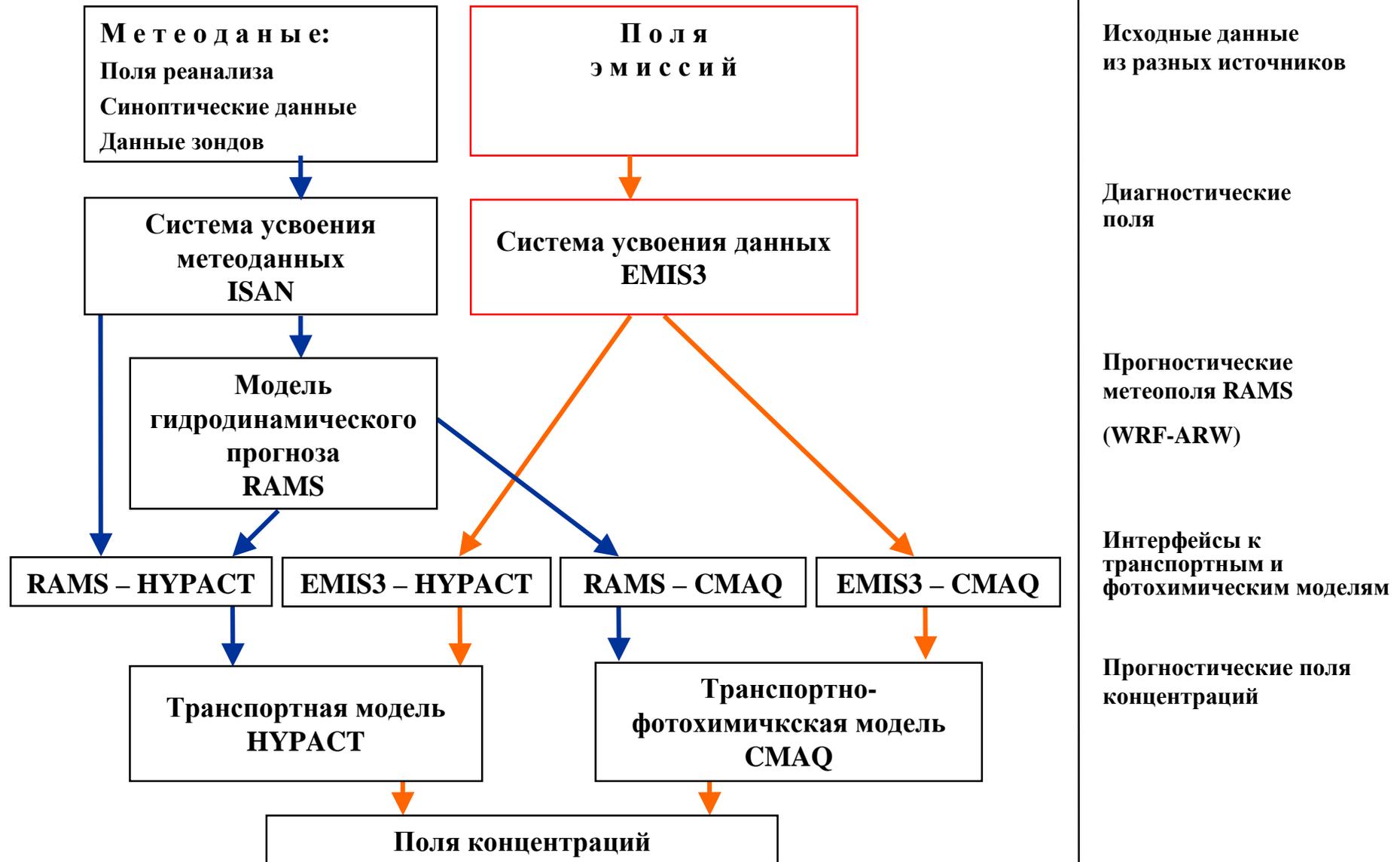
**Используется единый массив данных MODIS, полученный по единому алгоритму, что позволяет проследить динамику пожарной активности за прошедшее десятилетие в рамках унифицированного подхода.**



## Цели работы

- **Проведение количественных оценок эмиссий химически активных и парниковых газов в атмосферу в результате лесных и степных пожаров на территории России для их последующего использования в задачах экологии и климата.**
- **Исследование основных закономерностей пространственной и временной изменчивости полей эмиссий от природных пожаров в России.**
- **Разработка программного обеспечения для усвоения данных об эмиссиях в транспортно-химических моделях атмосферы (НУРАСТ, САМх, СМАQ).**

## Расчетный комплекс RAMS / HYRACT / CMAQ



## Модель расчета эмиссий от пожаров (*Seiler u Crutzen, 1980*)

$$E = A * B * C * D,$$

где

*E* – масса эмиссированного соединения [г],

*A* – площадь пожара [кв.м],

*B* – плотность биомассы [кг/кв.м],

*C* – полнота сгорания биомассы [%],

*D* – эмиссионный коэффициент [г/кг]

*A* оценивается на основе продукта анализа спутниковых данных MODIS.

*B*, *C* и *D* берутся из публикаций и зависят от типа растительности (по карте растительности UMD Global Land Cover; *Hansen u др., 2000*).

**На основе разработанного нами программного комплекса, могут быть рассчитаны поля эмиссий от природных пожаров для соединений:**

- CO
- CO<sub>2</sub>
- CH<sub>4</sub>
- NO<sub>x</sub>
- N<sub>2</sub>O
- SO<sub>2</sub>
- NH<sub>3</sub>
- NMHC
- Aromatic HC
- PM<sub>2.5</sub>
- Black carbon
- И другие

## Площади пожаров: известные оценки

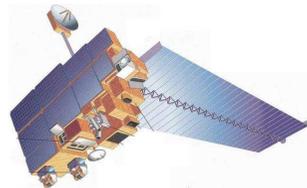
Публикация	Годы	Территория	Источник/база данных
Shvidenko и Goldammer (2001)	1950-1999	Охраняемые территории лесного фонда РФ	Авиалесоохрана
Conard и Ivanova (1997)	1991-1995	Красноярский край	Авиалесоохрана
Sahoon и др. (1994)	1987	ю-в Сибирь и с-в Китай	AVHRR
Sahoon и др. (1996)	1992	Россия	AVHRR
Conard и др. (2002)	1998	Юг Вост.Сиб., Забайкалье и юг ДВ	AVHRR и Авиалесоохрана
Kajii и др. (2002)	1998	Сибирь и ДВ, север Монголии	AVHRR
Sukhinin и др. (2004)	1996-2002	Сибирь и Дальний Восток	AVHRR
Gregoire и др. (2003)	2000	Россия	GBA2000 (SPOT-VGT)
Simon и др. (2004)	2000	Россия	GLOBSCAR (ATSR-2)
Hoelzemann и др. (2004)	2000	Сибирь и ДВ, Казахстан и Монголия	GLOBSCAR
Ito и Penner (2004)	2000	Сибирь и ДВ от 30°N	GBA2000 и ATSR
Zhang и др. (2003)	2001	Россия	SPOT-VGT
Soja и др. (2004)	1996-2002	Сибирь и Дальний Восток	AVHRR
Kasischke и др. (2005)	1992, 1995-2003	Сибирь и Дальний Восток	AVHRR
Giglio и др. (2006)	2000-2004	Россия без юга ЕТР	MODIS MCD45 и MOD14
Bartalev и др. (2007)	2000-2004	Россия без с/х земель	SPOT-VGT и MODIS MOD14
Randerson и др. (2007)	2000-2005	Россия	MODIS MCD45 и MOD14, ATSR, VIRS

С конца 80-х гг для картографирования оценки пройденных пожаром площадей стали широко использоваться спутниковые данные.

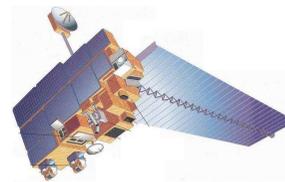
## Сенсоры MODIS системы EOS-NASA

MODIS = **MOD**erate Resolution **Imaging Spectroradiometer**

NASA Earth Observing System



**MODIS Terra**



**MODIS Aqua**

Приборы MODIS осуществляют с 2000 г. (Terra) и 2002 г. (Aqua) полное сканирование земной поверхности в ряде спектральных и термальных каналов с суммарной частотой до 4 раз в сутки.

## Продукты анализа данных MODIS

### Продукты MODIS Level3

- Глобальное покрытие
- Регулярная сетка с разрешением 1 км или 500 м (в синусоидальной проекции)
- Данные за период с 2000 г.
- В свободном доступе в интернет (через FTP)

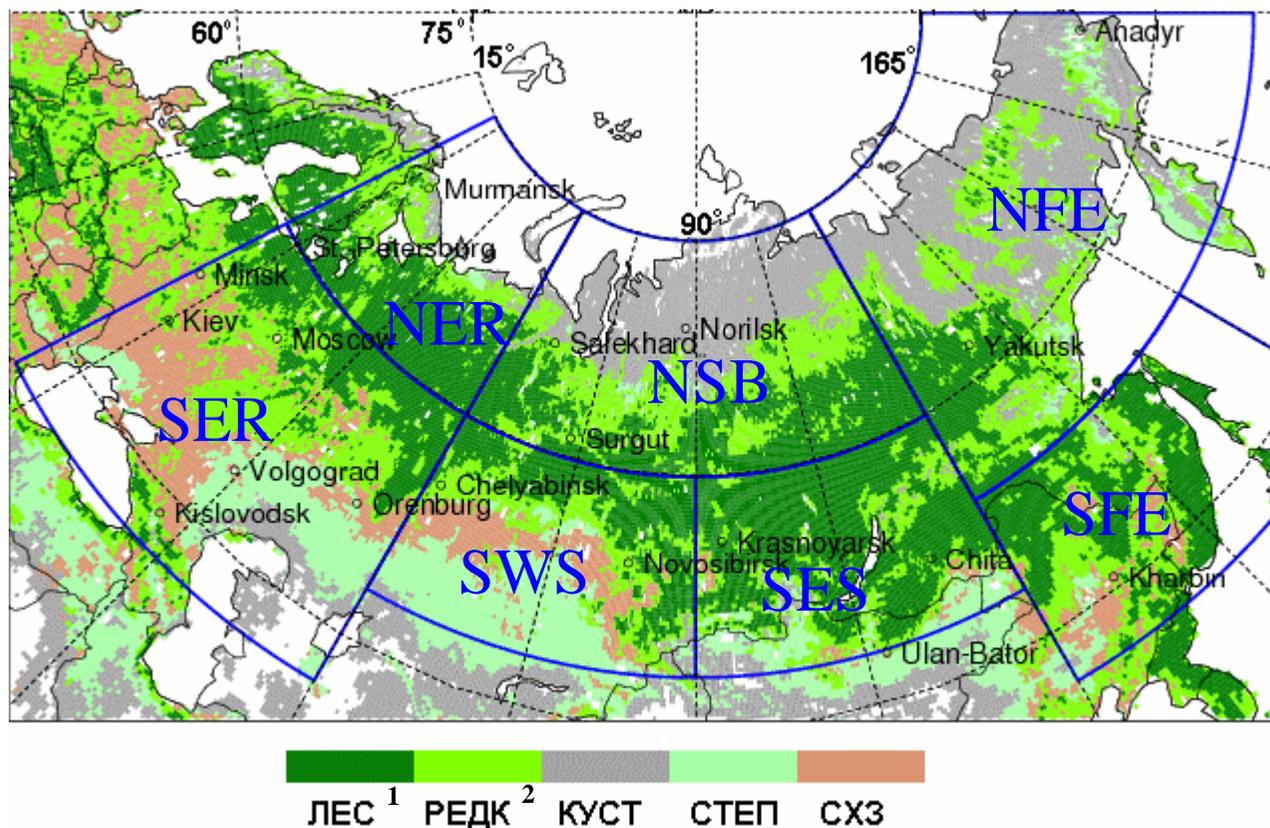
### MODIS MCD45 Burned Area /Roy D.P, Jin Y., Lewis P.E., Justice C.O., 2005/

- Алгоритм выделения поврежденной пожаром растительности
- Дата пожара с точностью  $\pm 8$  дней ежемесячно
- Разрешение 500 м

### MODIS MO(Y)D14 Active Fires /Giglio L., Descloitres J., Justice C.O., Kaufman Y., 2003/

- Алгоритм детектирования активных пожаров
- Ежедневно
- Разрешение 1 км

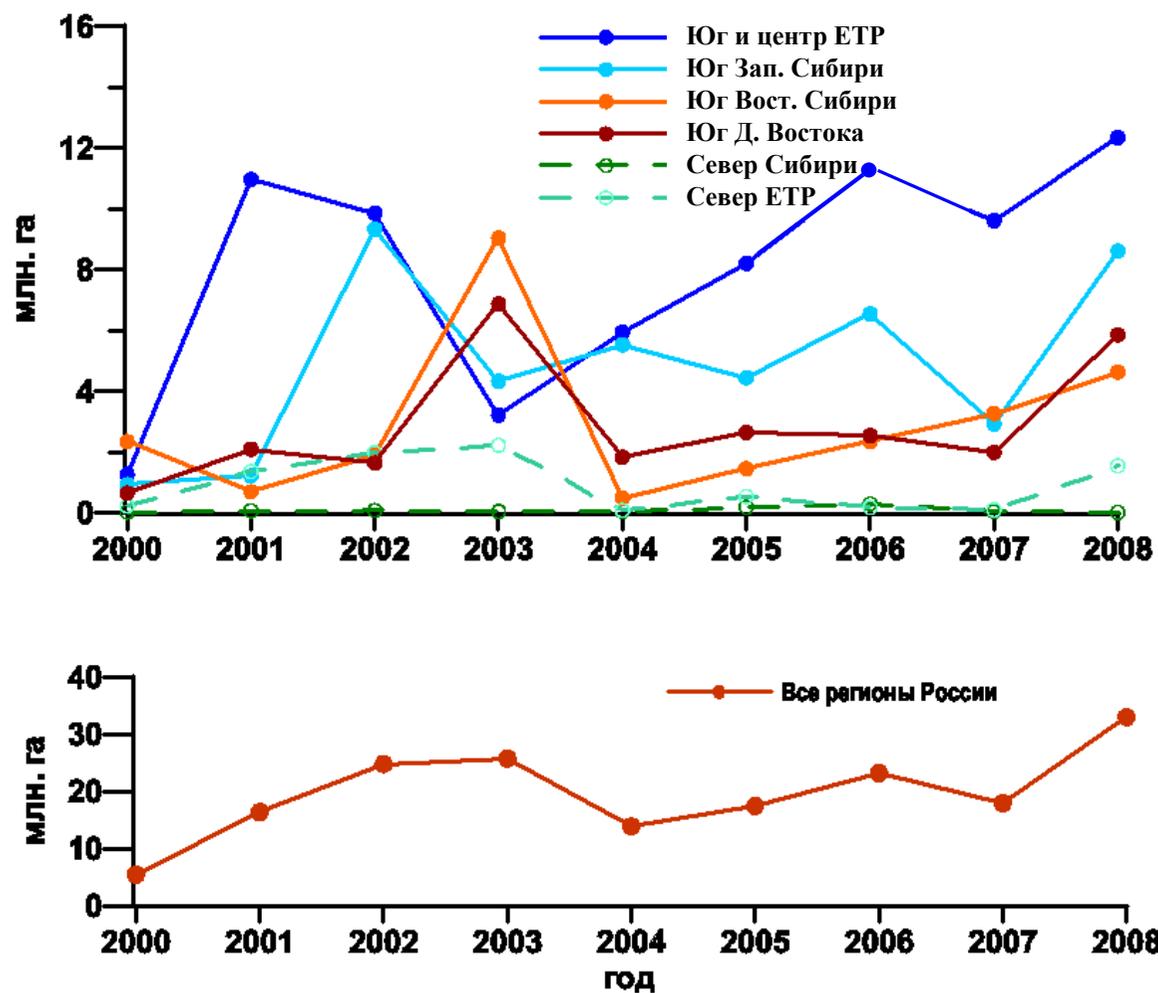
### Карта растительного покрова России по данным UMD Global Land Cover



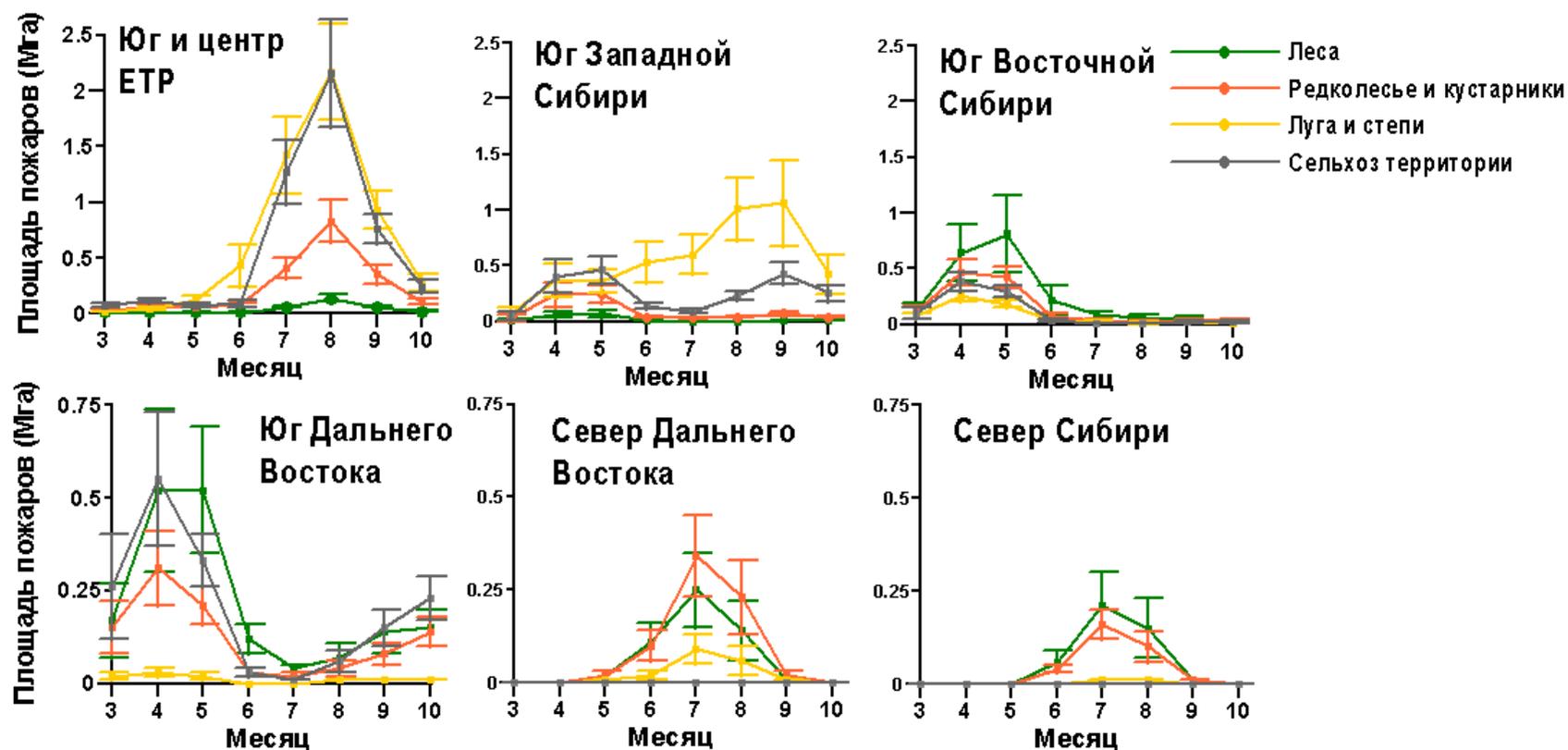
<sup>1</sup>Лес, плотность древесного покрова > 40%.

<sup>2</sup>Редколесье, плотность древесного покрова от 10% до 40%.

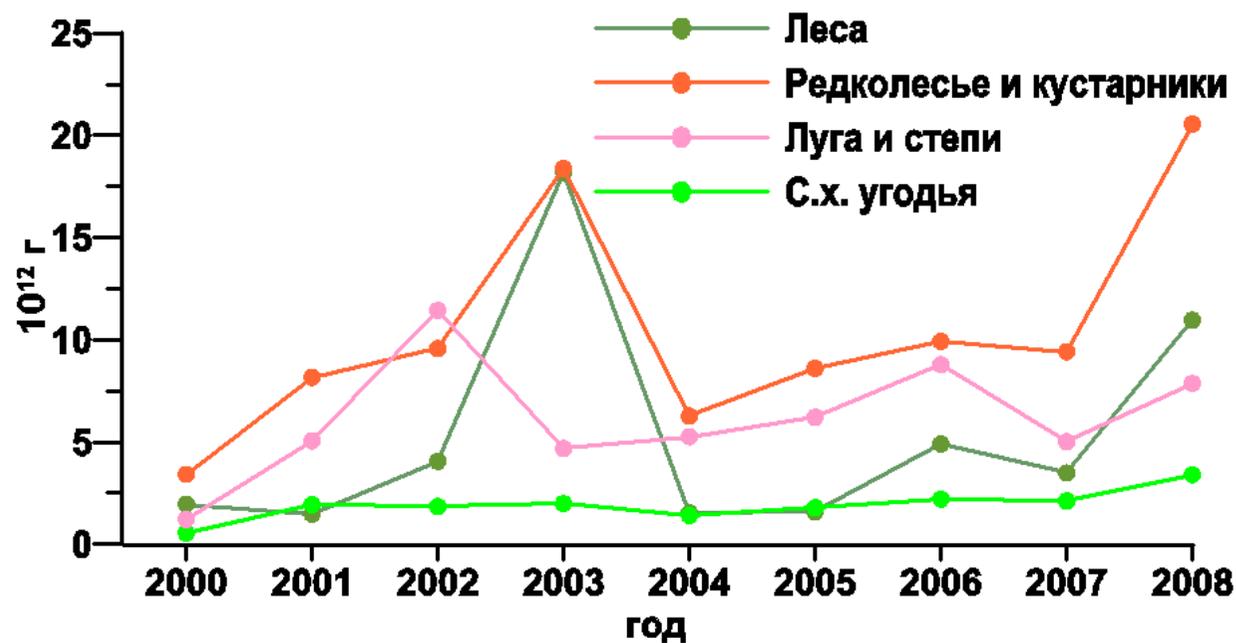
### Межгодовая изменчивость площадей пожаров в зависимости от региона



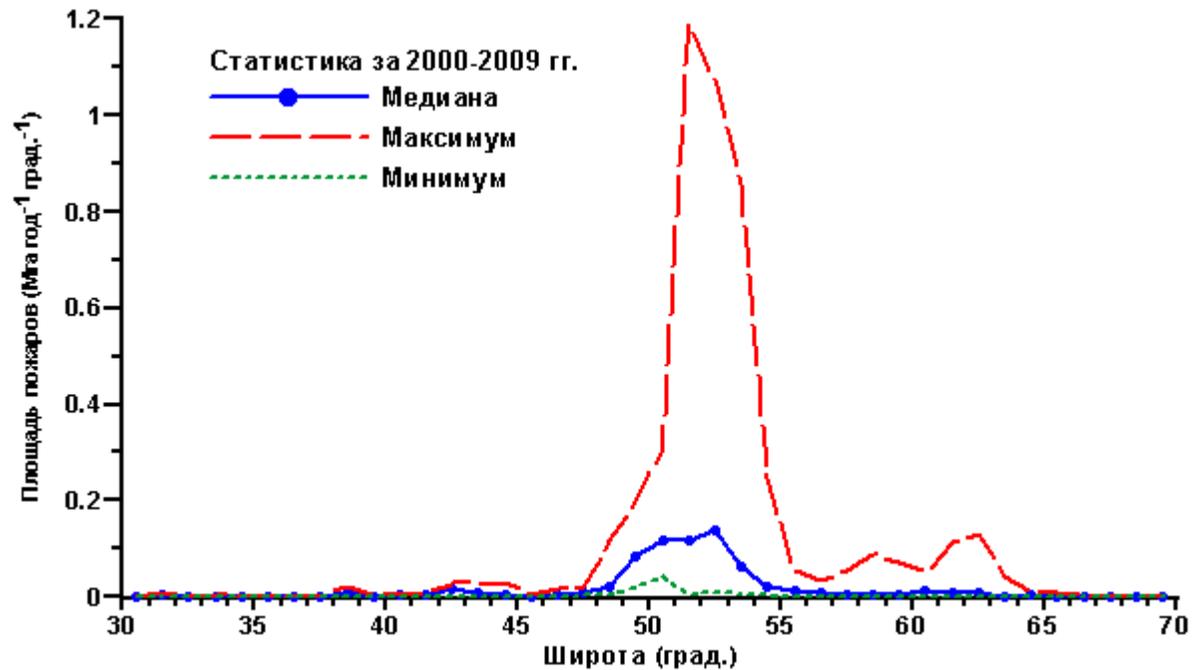
## Сезонная изменчивость площадей пожаров в зависимости от региона и типа растительности



### Межгодовая изменчивость эмиссий CO в зависимости от типа растительности

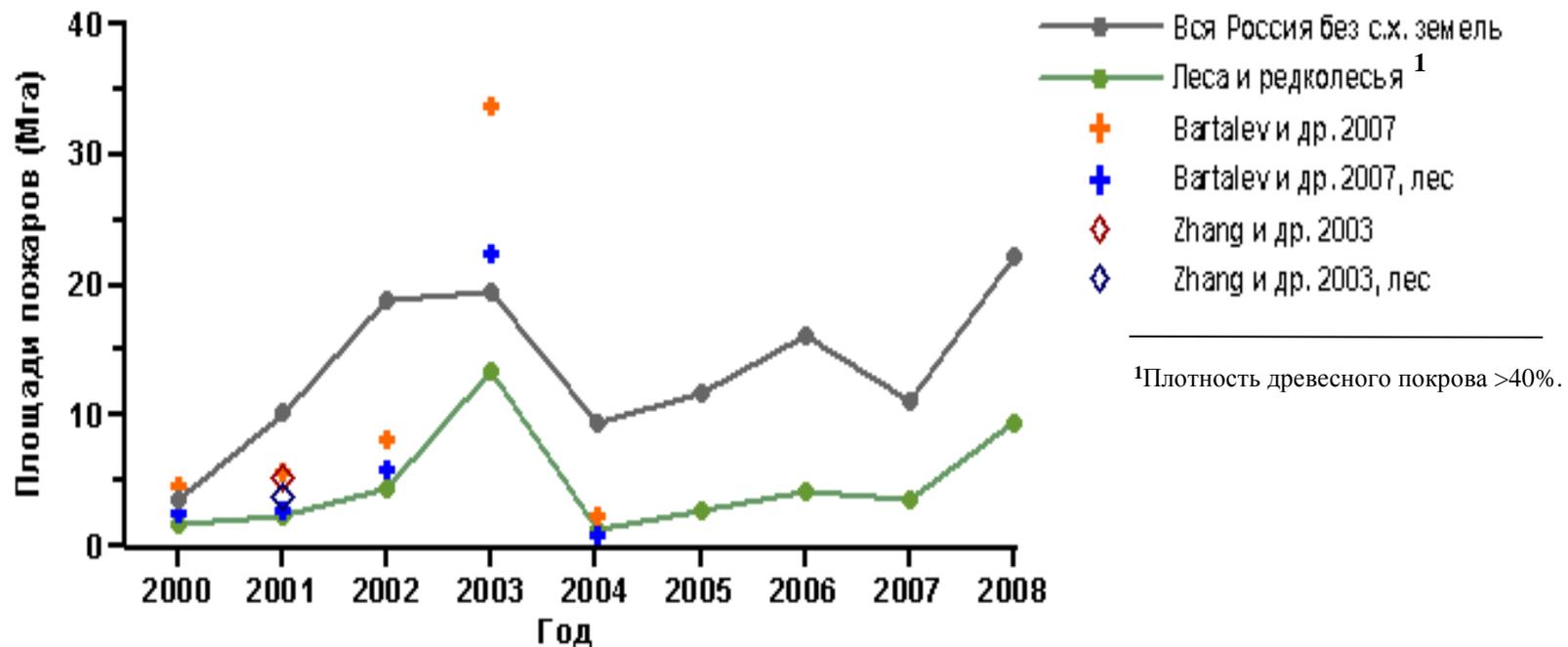


## Среднеширотное распределение площадей лесных пожаров в России за 2000–2008 гг.



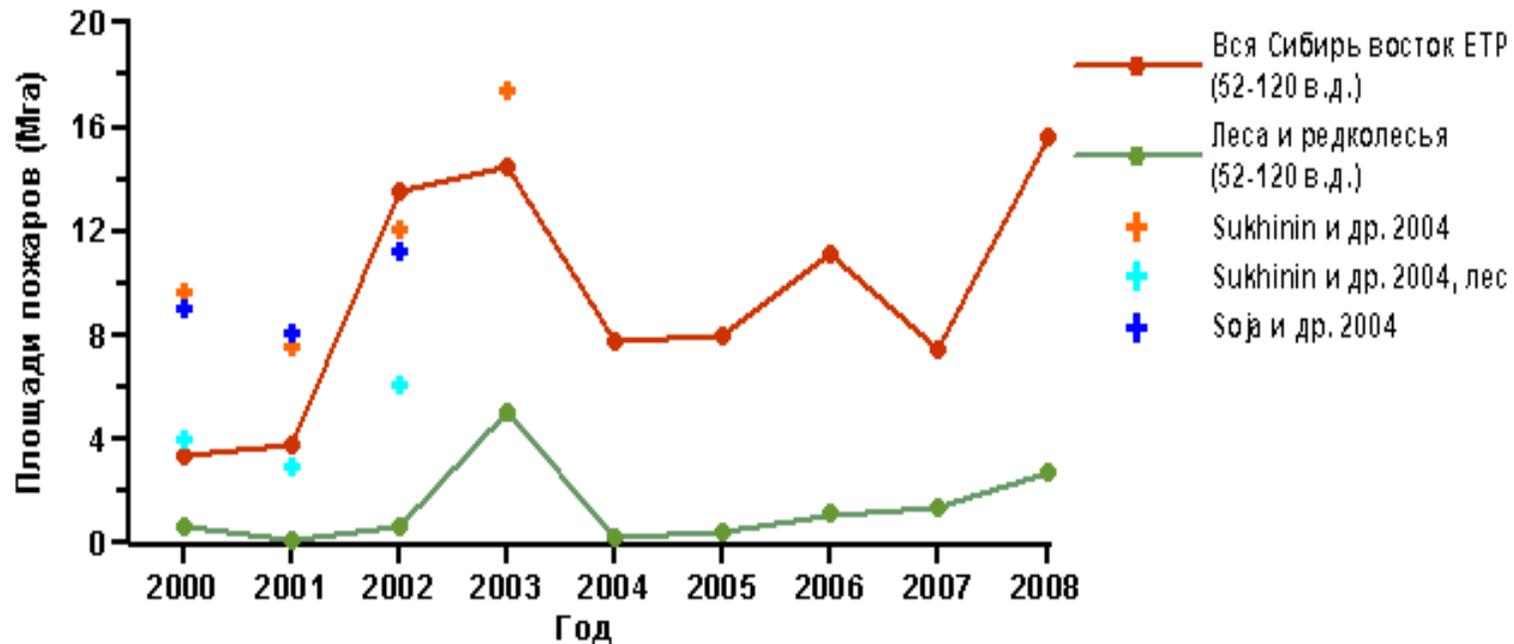
Большая часть лесных пожаров сосредоточена на юге бореальной зоны, где согласно климатическим прогнозам ожидается увеличение интенсивности и продолжительности пожароопасного периода.

## Сравнение с опубликованными ранее результатами: площади пожаров



- ✓ Хорошее (в пределах 1.5 Мга) согласование для лесных пожаров. В год аномальной пожарной активности (2003) Барталев и др. указывают на гораздо БОЛЬШИЕ площади лесных пожаров.
- ✓ Расхождение в суммарных площадях указывает на способность алг-ма MODIS детектировать кратковременные поврежд-я растительности на открытых территориях.

## Сравнение с опубликованными ранее результатами: площади пожаров



### Различия в оценках площадей пожаров

- различие в рассматриваемых географических районах,
- характеристиках исходных данных (тип, временное и пространственное разрешение, полнота покрытия исследуемых районов и периодов),
- алгоритмах выделения пройденных пожарами территорий,
- способах выборки результатов в зависимости от типа подстилающей поверхности,
- методах дополнительной коррекции результатов

## Сравнение с опубликованными ранее результатами: эмиссии CO

Эмиссии CO от природных пожаров в Сибири и на Дальнем Востоке по данным MODIS MCD45 (Вивчар и др. 2010) и нормированным (по площадям пожаров) данным AVHRR (Soja et al. 2004).

Год	Эмиссии CO (Тг)		
	Soja et al. (2004), Standard Total	Soja et al. (2004), Standard Abovegr.	Вивчар и др. (2010)
2000	29.1	13.53	6.2
2001	35.3	15.9	7.6
2002	106.2	50.4	18.2

### Различия в эмиссионных моделях

- Учет/неучет выгорания органического слоя почвы, торфяных пожаров,
- Учет/неучет сезонных вариаций интенсивности горения,
- Учет/неучет стадий горения и тления.

## **Первые результаты применения полей эмиссий от природных пожаров в численных моделях RAMS/НУРАСТ**

### **Цели моделирования:**

- **Исследовать основные свойства атмосферного переноса эмиссий от крупных природных пожаров на различных масштабах – от региона до континента;**
- **Оценить экологическую нагрузку, связанную с эмиссиями от природных пожаров, для различных областей Северной Евразии, включая густонаселенные территории юга России и районы Арктики;**
- **Исследовать основные принципы пространственной и временной изменчивости состава воздуха в связи с эмиссиями от природных пожаров.**

**Пример: расчет среднесуточных концентраций  
и общего содержания монооксида углерода (CO)  
на основе моделей RAMS/НУРАСТ)**

**Период:** Апрель – Октябрь 2007

**Расчетная область:** Северная Евразия, 20–180° в.д., 40–90° с.ш.,  
сетка 120 x 120 км, 81 x 41 узла, 21 уровень по высоте в слое 0–20 км  
в сигма-z системе координат.

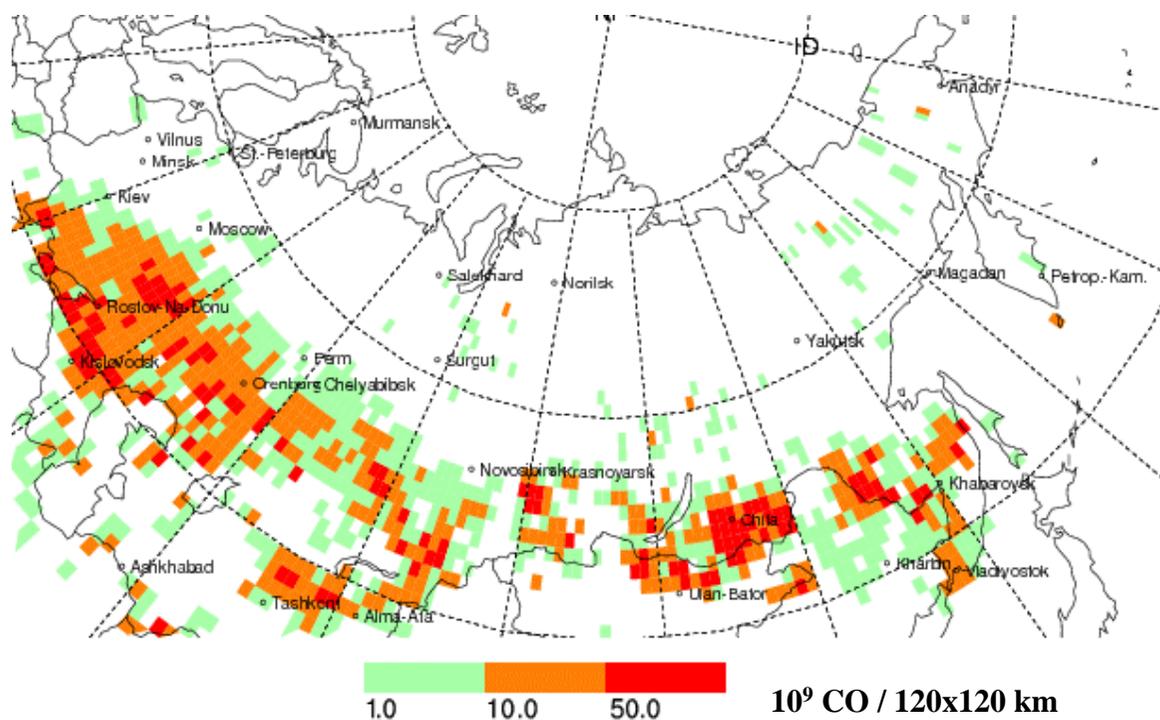
**Входные данные:**

Метеополя – NCAR/NCEP FNL реанализ за 00:00 и 12:00 GMT  
Эмиссии CO – система усвоения данных EMIS3 (ИФА РАН)

**Вычисления:**

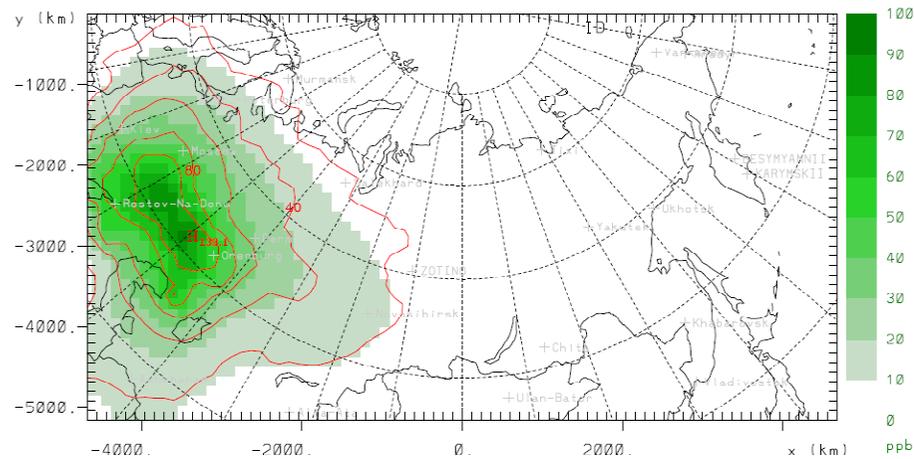
Метеополя, параметры турбулентной диффузии – численная модель  
RAMS в режиме 12-часового прогноза, вывод каждые 3 часа.  
Среднесуточные концентрации CO – численная модель НУРАСТ.

### Поле суммарных эмиссий CO от природных пожаров в 2007 г.

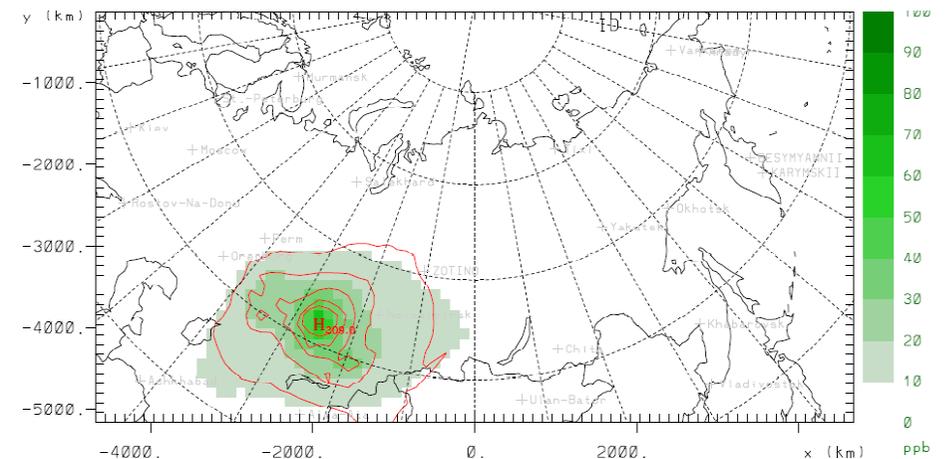


## Поля концентраций CO по модельным (RAMS/НУРАСТ) расчетам на 2007 г.

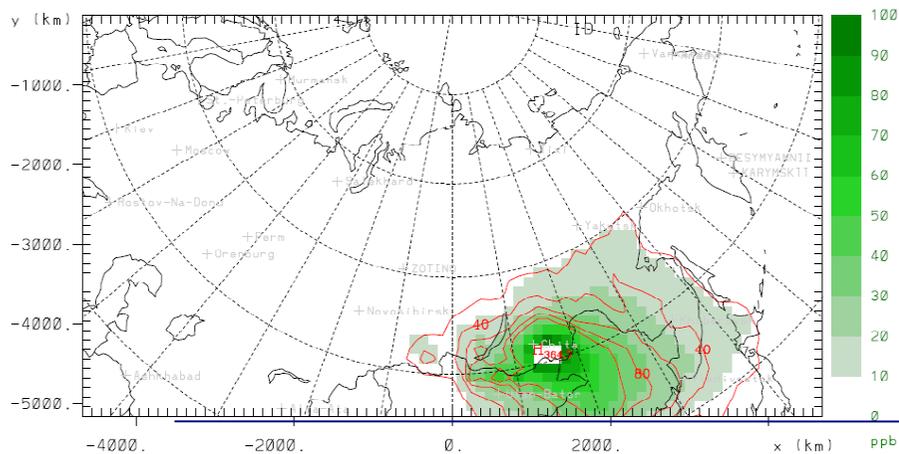
Юг ЕТР, август 2007: CO 24ч до 140 ppbv



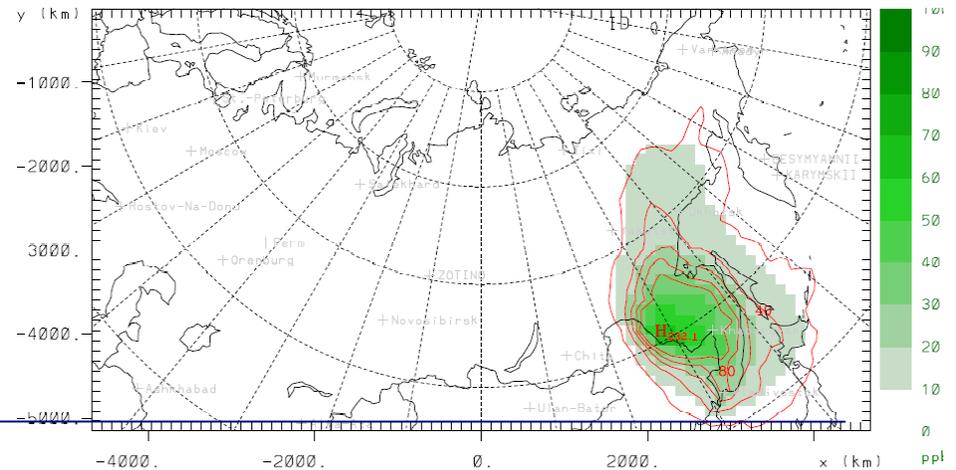
Юг Зап. Сибири, сентябрь 2007: CO 24ч до 210 ppbv



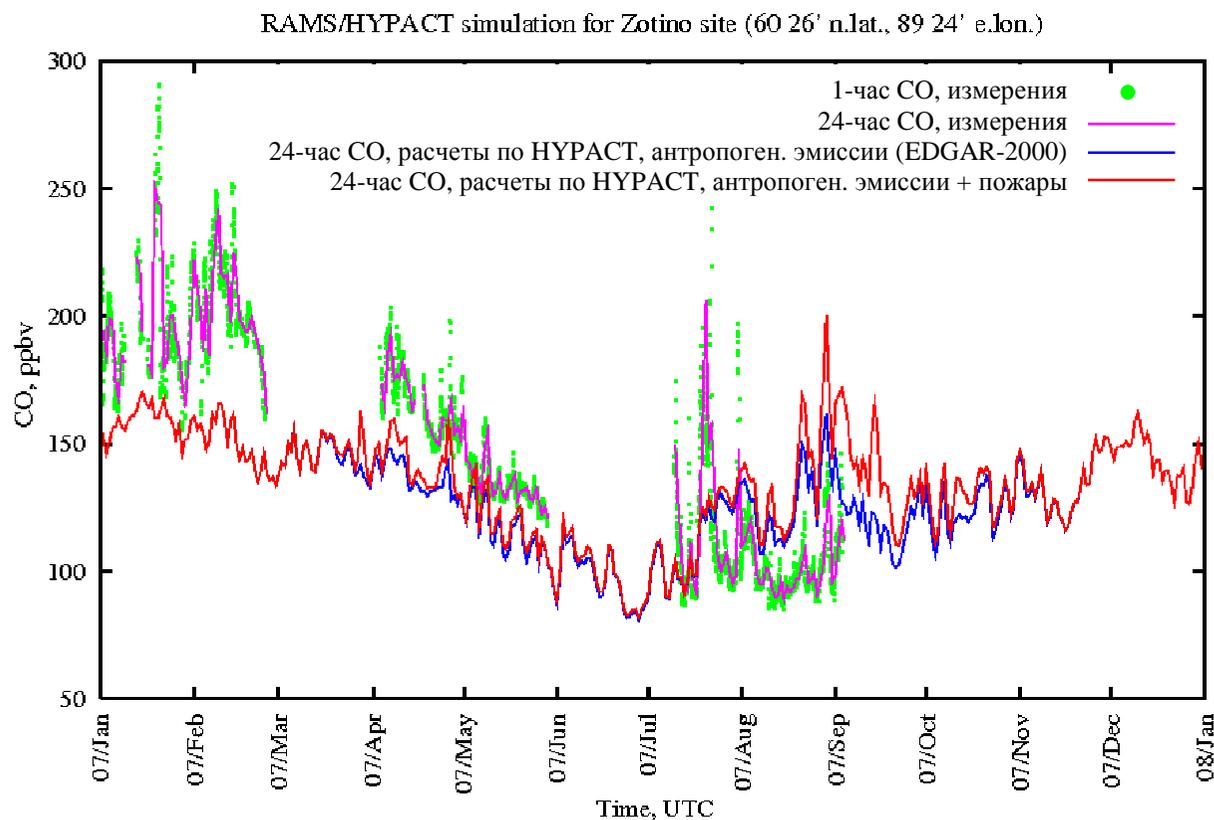
Юг Вост. Сибири, май 2007: CO 24ч до 365 ppbv



Юг Д. Востока, май 2007: CO 24ч до 230 ppbv



## Расчёты приземных концентраций CO на станции Зотино в 2007 г. по модели RAMS/НУРАСТ



- ✓ Существенные расхождения между измеренными и рассчитанными концентрациями отражают неопределенности современных оценок крупномасштабных полей эмиссий (антропогенных) на территории России.
- ✓ Для уточнения полей эмиссий требуются данные систематических наблюдений состава приземного воздуха, которые в настоящее время крайне ограничены (отсутствие фоновых станций мониторинга).

## **Итоги работы. Практическая значимость результатов.**

- **Разработан программный комплекс для расчетов полей эмиссий химически активных и парниковых газов в атмосферу в результате лесных и степных пожаров на территории России.**
- **Исследована долговременная изменчивость площадей пожаров в зависимости от географического района и сезона; проведено сопоставление результатов с более ранними оценками.**
- **Подготовлена база данных по эмиссиям от пожаров с высоким пространственным и временным разрешением.**
- **Разработан программный комплекс для усвоения полей эмиссий в численных моделях переноса и химической трансформации:**

**HYRACT (HYbrid Particle Concentration Transport model )**

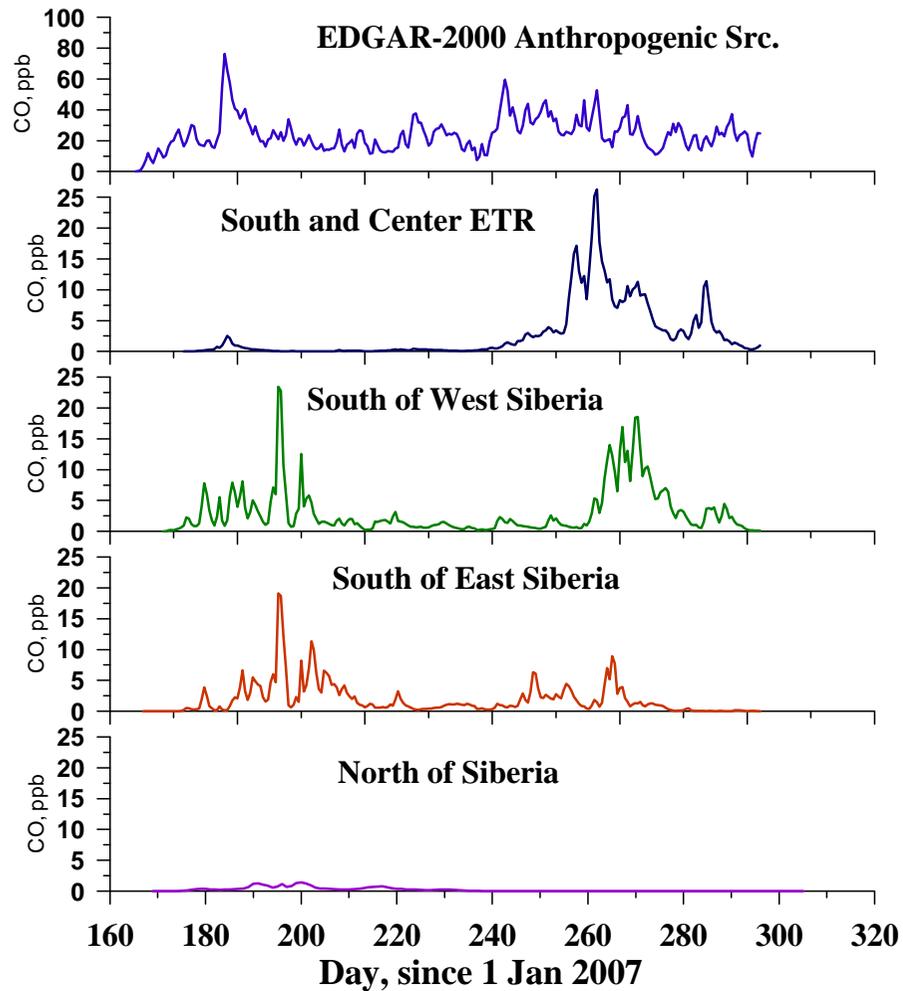
**CMAQ (Community Multiscale Air Quality model)**



**Спасибо за внимание**

## Расчёты приземных концентраций CO от пожаров для станций Зотино и Тикси за 2007 г.

Zotino Station, CO 2007 HYPACT Simulation



Tixi Station, CO 2007 HYPACT Simulation

