

Прогноз лесных пожаров РФ до конца столетия по сценариям изменения климата RCP4.5 и RCP8.5

В.И. Грабовский, Д.Г. Замолодчиков

Возможности прогноза лесных пожаров

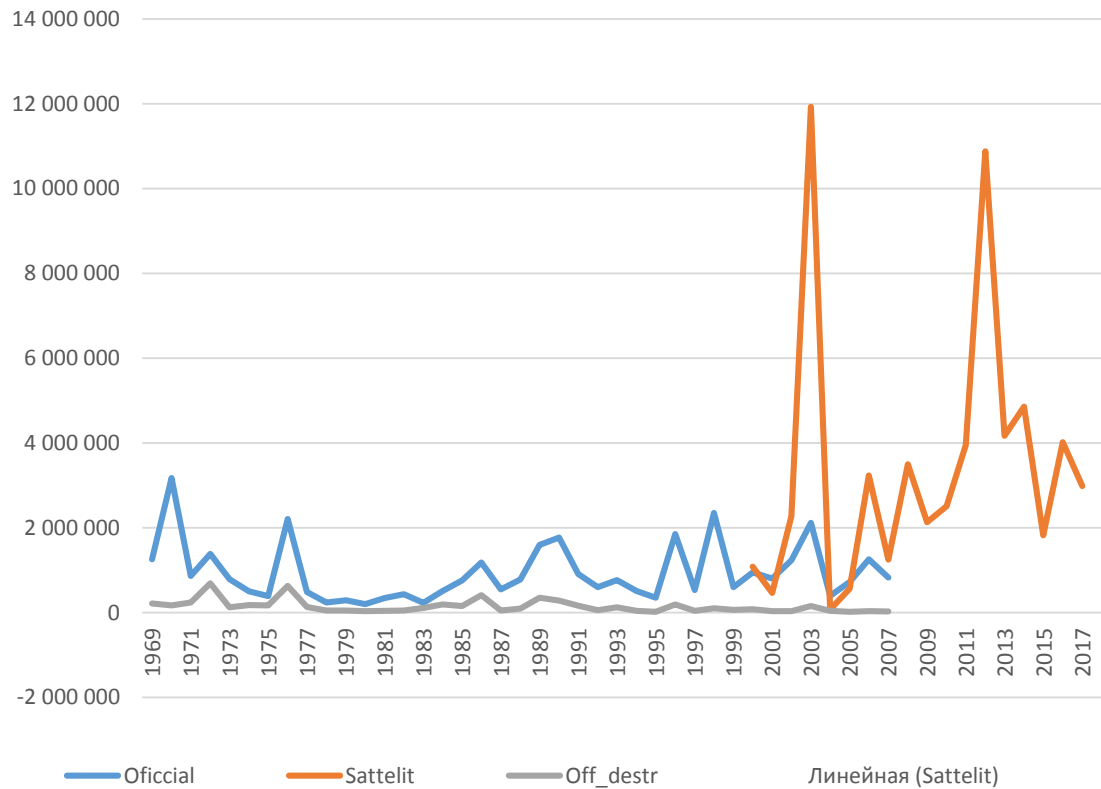
1. Прямой прогноз

- экстраполяция текущих тенденций многолетней динамики лесных пожаров на прогнозный период)

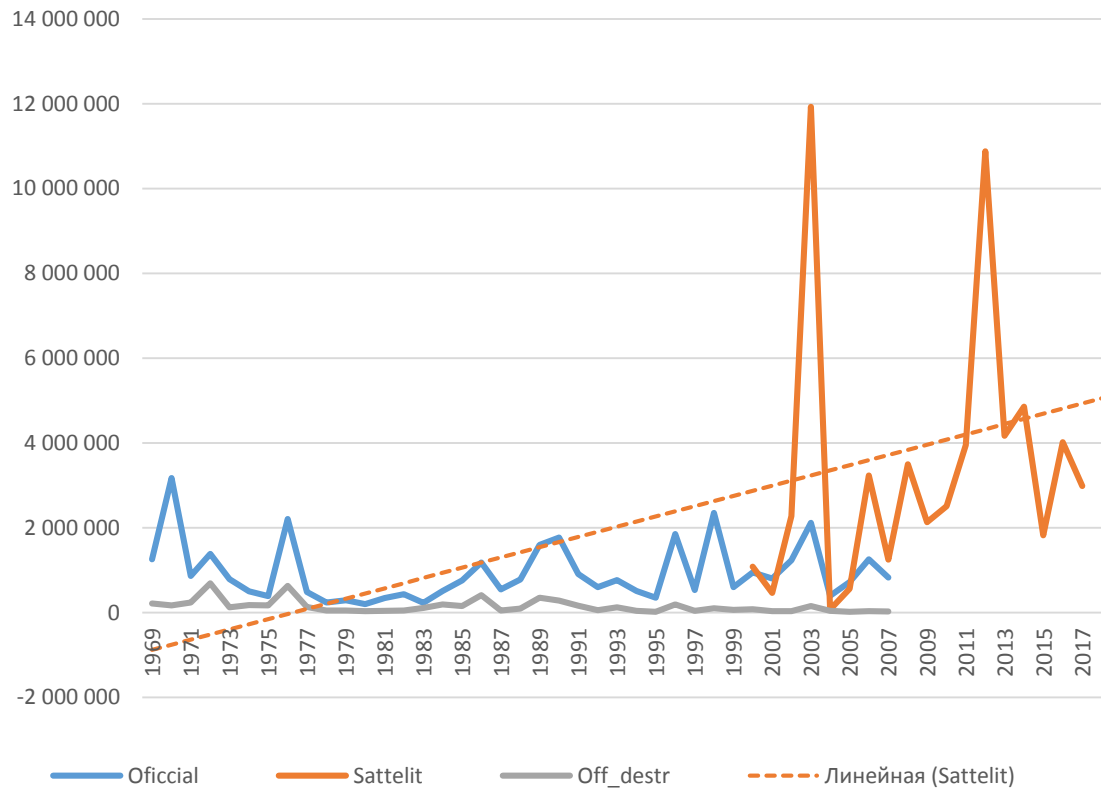
2. Прогноз по косвенным данным

- по ожидаемым изменениям
 - а) климата, (в том числе, частоты катастрофических событий) и
 - б) породно-возрастного состава лесных насаждений.

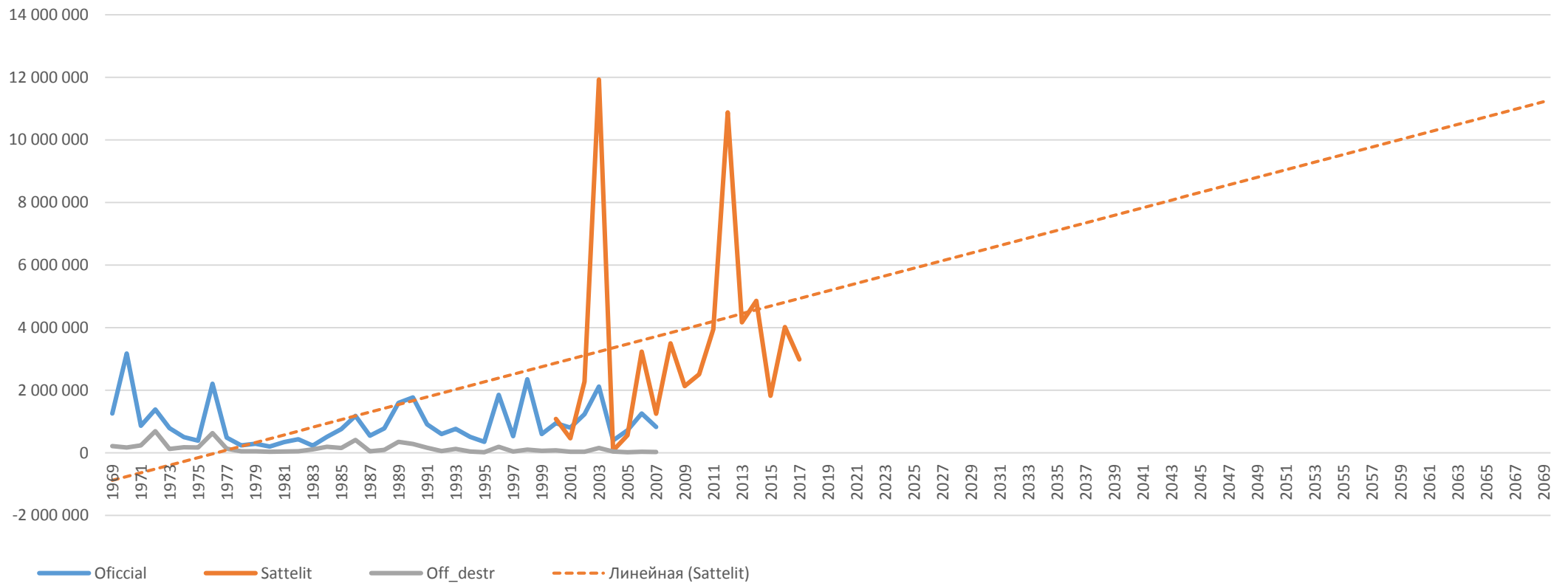
Экстраполяция текущей тенденции



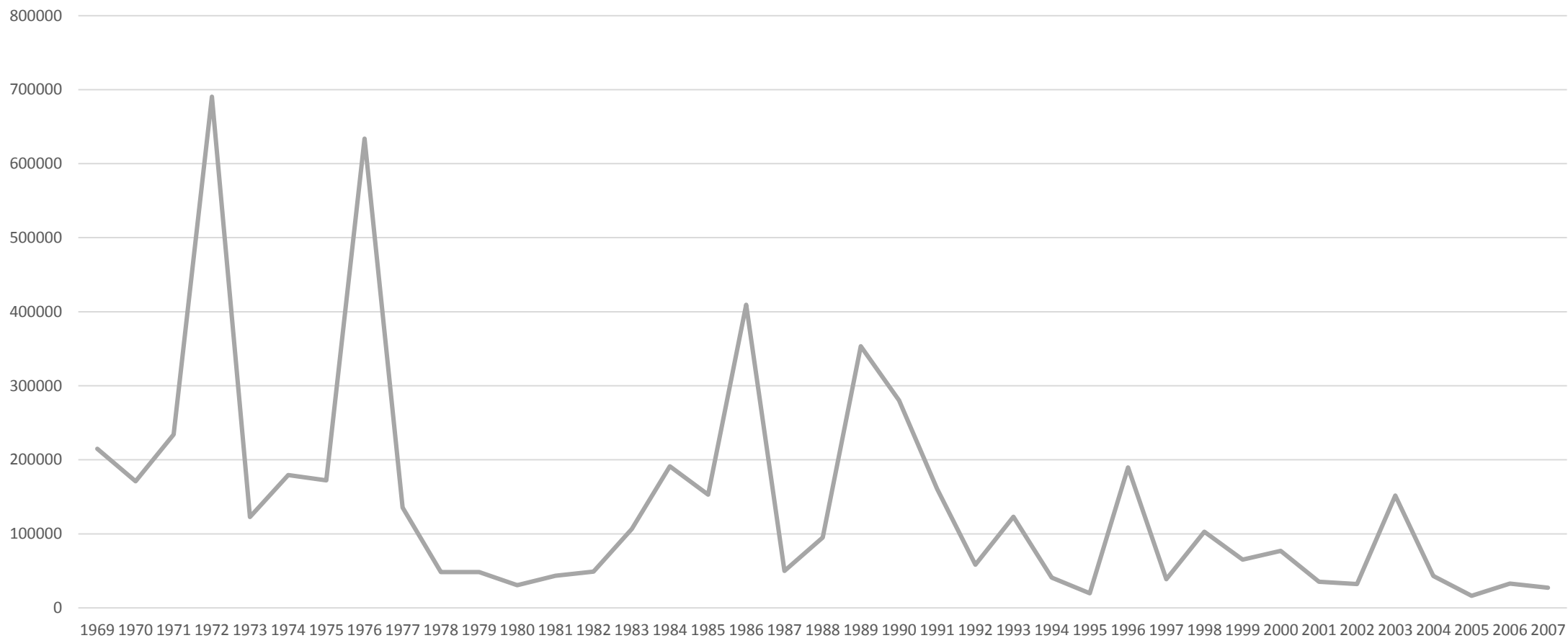
Экстраполяция текущей тенденции



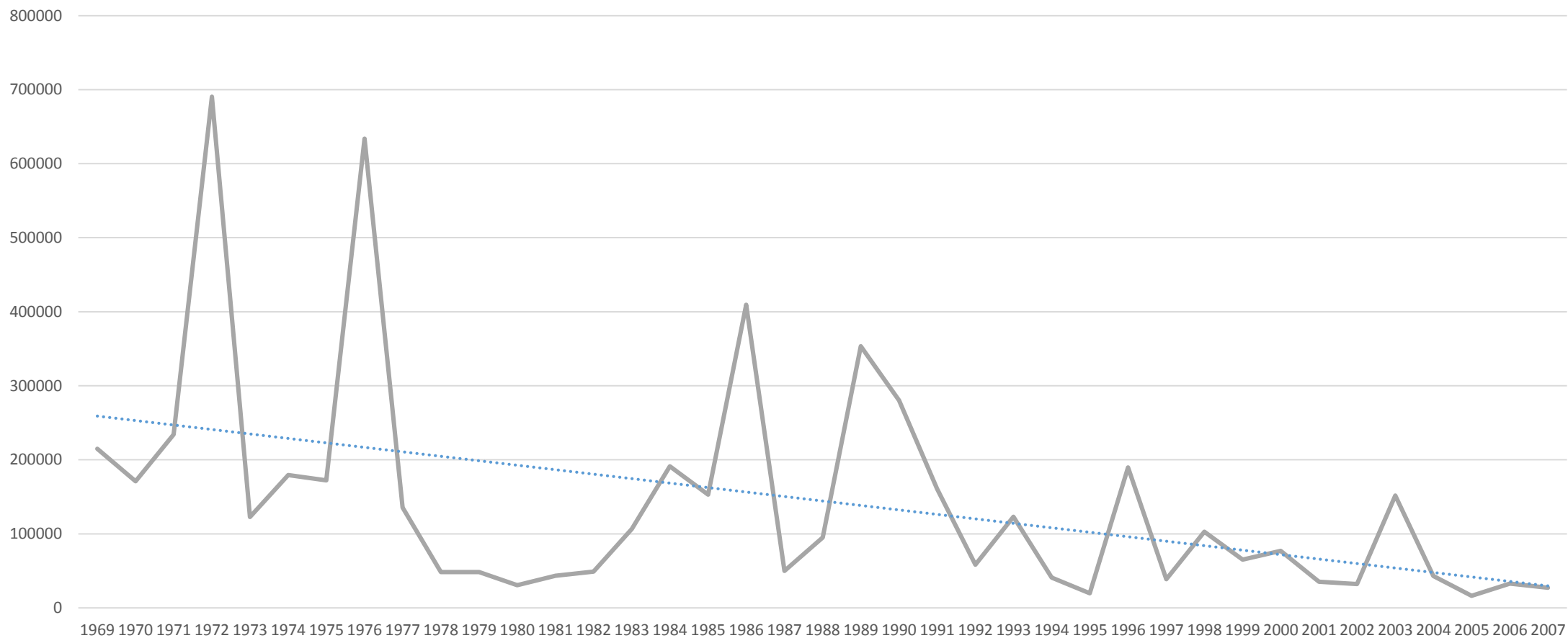
Экстраполяция текущей тенденции



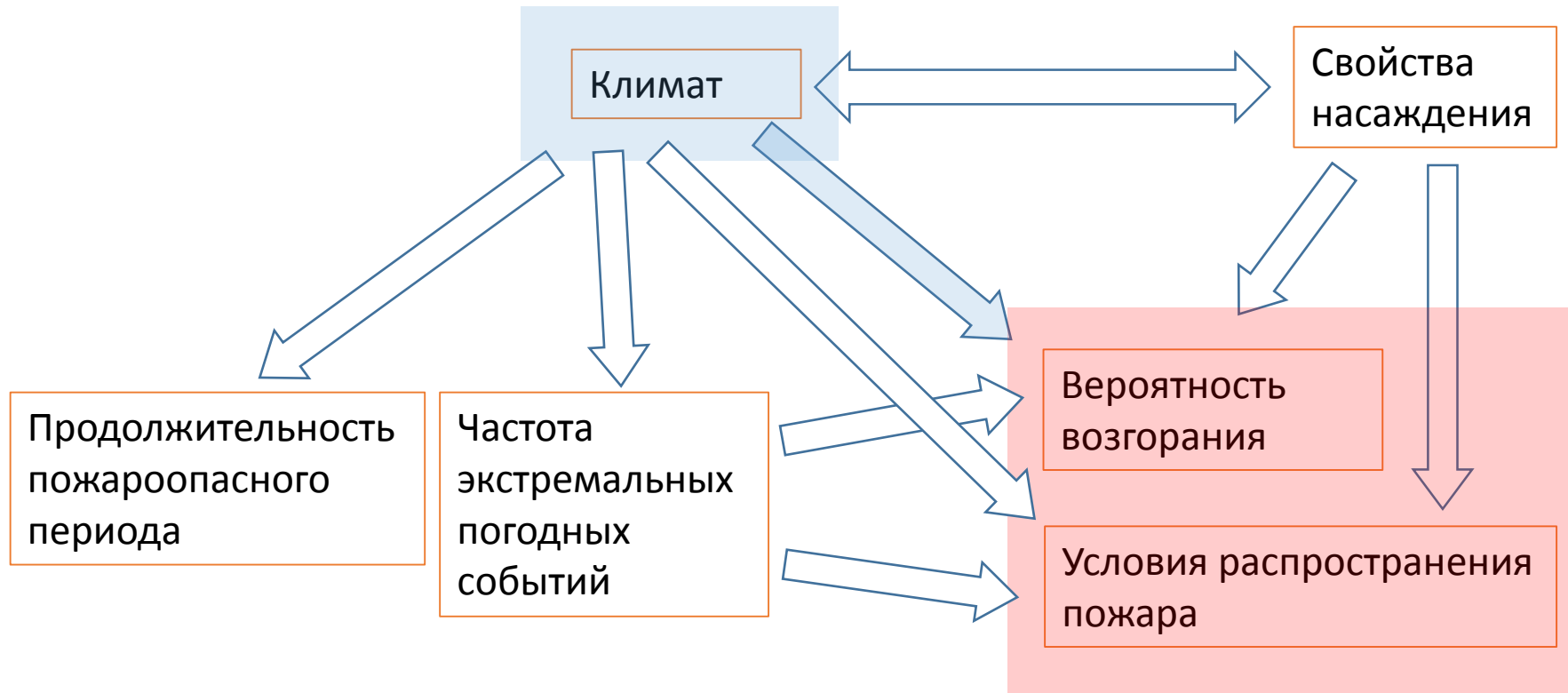
Площадь деструктивных пожаров в РФ



Площадь деструктивных пожаров в РФ



Прогноз пожаров по косвенным данным

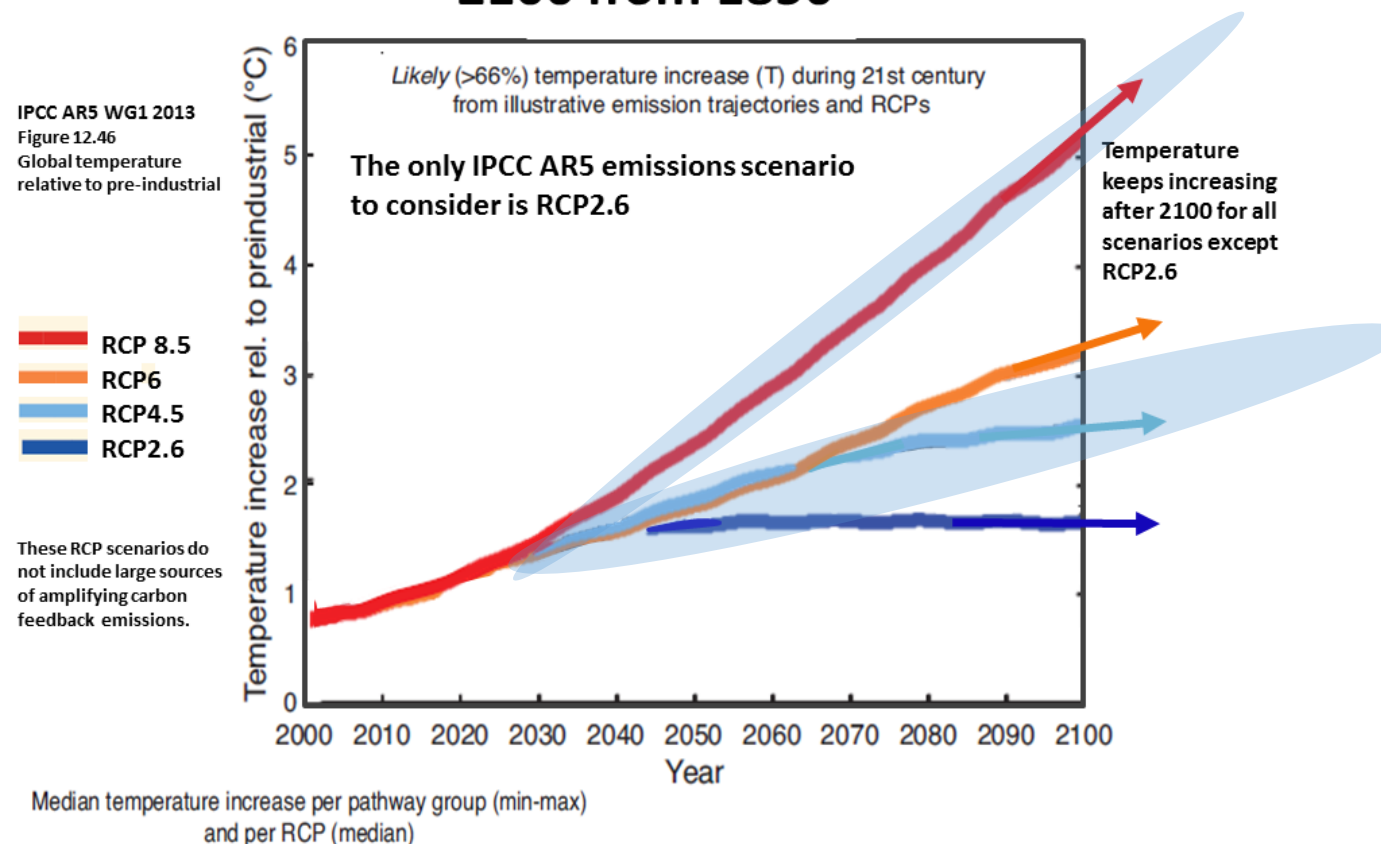


Климатические сценарии RCP4.5 и RCP8.5

- Мультимодальный ансамбль (ММЕ) проекций климатических сценариев будущего предлагает сценарии предстоящих изменений климата, основанные на данных 10 моделей, разработанных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГИЭК) и представленных на Пятом оценочном докладе.
- Модели предлагают сценарии климатических прогнозов с разным уровнем радиационного воздействия: от 2.6 до 8.5 Вт/м²
- В моделях представлены прогнозы среднемесячных температур и количества осадков для узлов координатной сетки в 1 градус.

Климатические сценарии МГЭИК

IPCC AR5 Global surface warming projections to 2100 from 1850



Индексы пожарной опасности

- $ipro_i = ipro_{i-1} * K1 + T_i * (T_i - \tau_i)$
- $pv1_i = K2_i * [pv1_{i-1} + T_{i-1} * (T_{i-1} - \tau_{i-1})]$
- $pv2_i = pv2_{i-1} * K3_{i-1} + [T_{i-1} * (T_{i-1} - \tau_{i-1})] * K3_i$
- $pvgi = [pvgi_{i-1} + (T_i + 10) * (T_i - \tau_i - 5)] * K4_i$

$$K4_i = \frac{1,8}{(R24_i + 1)}$$

T_i — температура воздуха i -того дня ($^{\circ}\text{C}$) на 15 ч дня по местному времени;

τ_i — точка росы на 15 ч дня по местному времени ($^{\circ}\text{C}$),

$ipro_{i-1}$ — величина индекса в предшествующий день ($i-1$),

$K1$ — коэффициент равный 0 при величине осадков за текущие сутки менее 2,5 мм и 1 в остальных случаях.

$K2$ — табличный коэффициент (Шайдуллина, 2016)

$K3$ равно 0, если общее количество осадков на утро соответствующего дня составляет не менее 1,6 мм и 1 — в противном случае.

$pvgi$ — индекс ПВГ за текущие сутки (i), u количество осадков, выпавшее за прошедшие сутки.

Вычисление ПВ-1 и ПВ-2 начинают со дня устойчивого схода снежного покрова.

Индекс Нестерова

Модифицированный индекс Нестерова

Индекс с учетом влажности лесной подстилки

Индекс Сафронова с учетом гигроскопичности мхов, лишайников, опада и прочих легкогорючих материалов

Необходимы: точка росы и временное распределение осадков

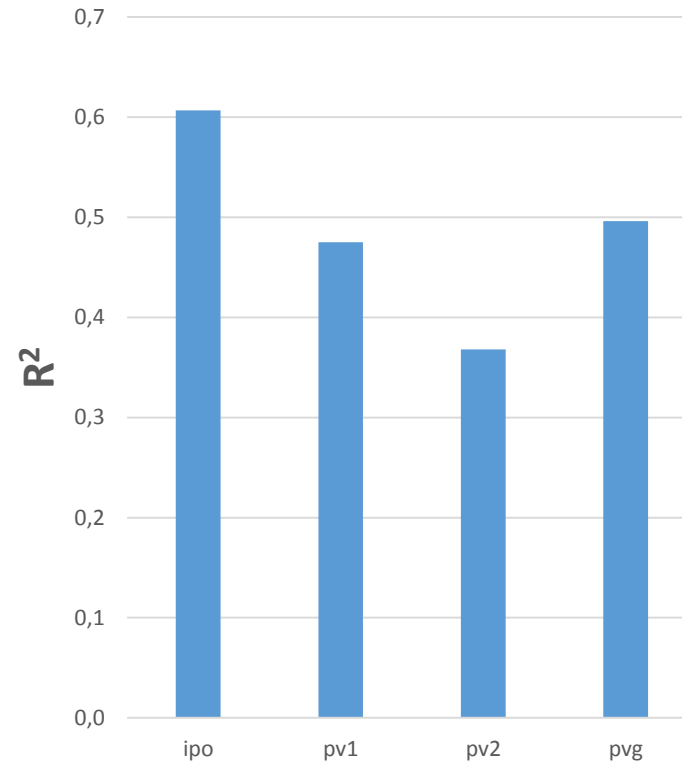
Построение уравнений регрессии параметров погоды и индексов пожарной опасности

- Для архивной базы данных погоды в РФ (1845 метеостанций) за 2007-2017 гг рассчитаны индексы пожарной опасности (ПО): Нестерова, ПВ-1, ПВ-2 и ПВГ.
- Полученные данные агрегированы по федеральным округам (8 округов) и месяцам года (май-октябрь: 6 месяцев).
- Для каждого индекса (4 индекса ПО) и для каждой из $8*6=48$ групп построены регрессионные модели с независимыми переменными, имеющимися в прогнозах климата МГЭИК: **среднесуточными температурами и количеством осадков** (всего построено $4*48=192$ уравнения).

Связь индексов ПО с климатическими параметрами МГЭИК

$$I_n = a_0 + a_1 * x + a_2 * y + a_3 * x * y$$

Где I_n – индекс пожарной опасности, x – среднемесячные температуры, y – среднемесячное количество осадков, a_0 – свободный член, a_1 , a_2 – коэффициенты.



Расчет коэффициентов уравнений регрессии

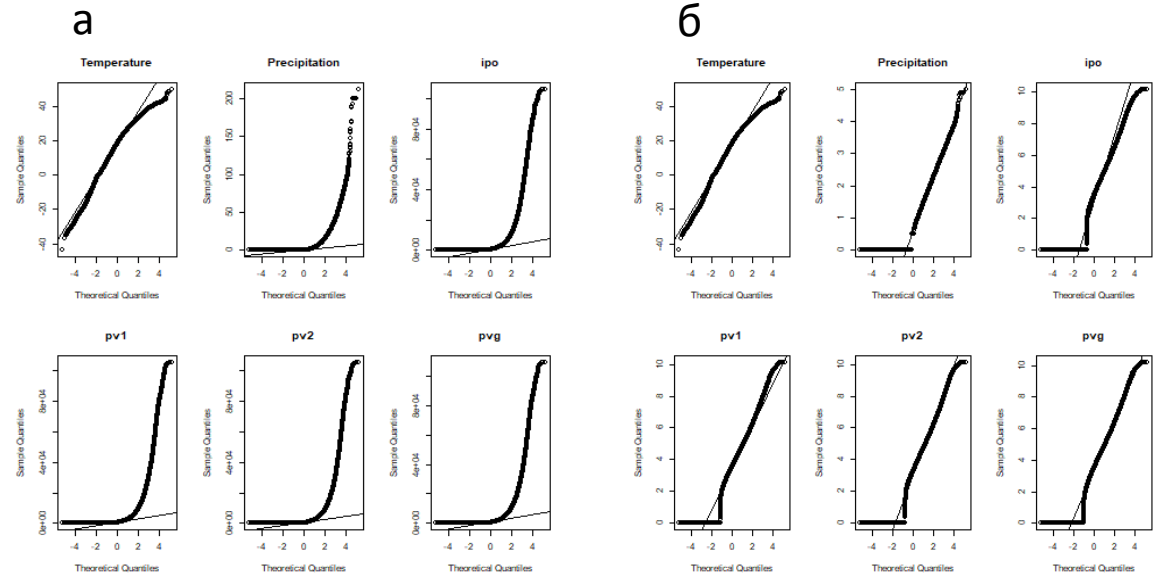
Фрагмент таблицы рассчитанных коэффициентов для индекса Нестерова

n	fo	mon	a0	a1	a2	a3
1	1	5	3,239	0,066	-1,684	-0,013
2	2	5	2,124	0,128	-0,905	-0,049
3	3	5	1,725	0,130	-1,190	-0,033
4	4	5	2,456	0,095	-1,434	-0,024
5	5	5	3,383	0,070	-2,050	0,009
6	6	5	2,162	0,130	-1,140	-0,032
7	7	5	2,516	0,113	-1,334	-0,022
8	8	5	2,210	0,130	-1,048	-0,035
9	1	6	2,757	0,074	-1,379	-0,024
10	2	6	2,661	0,081	-1,164	-0,034
11	3	6	1,731	0,119	-1,437	-0,018
12	4	6	2,100	0,097	-1,290	-0,026
13	5	6	2,788	0,087	-1,598	-0,020
14	6	6	2,785	0,082	-1,402	-0,024
15	7	6	2,359	0,098	-1,301	-0,024
16	8	6	3,002	0,073	-1,357	-0,022
17	1	7	1,285	0,124	-0,930	-0,037
18	2	7	2,264	0,089	-0,899	-0,042

44	4	10	1,892	0,136	-0,858	-0,047
45	5	10	2,592	0,122	-1,253	-0,037
46	6	10	2,225	0,144	-1,219	0,020
47	7	10	2,056	0,164	-1,085	-0,014
48	8	10	1,824	0,185	-0,812	-0,061

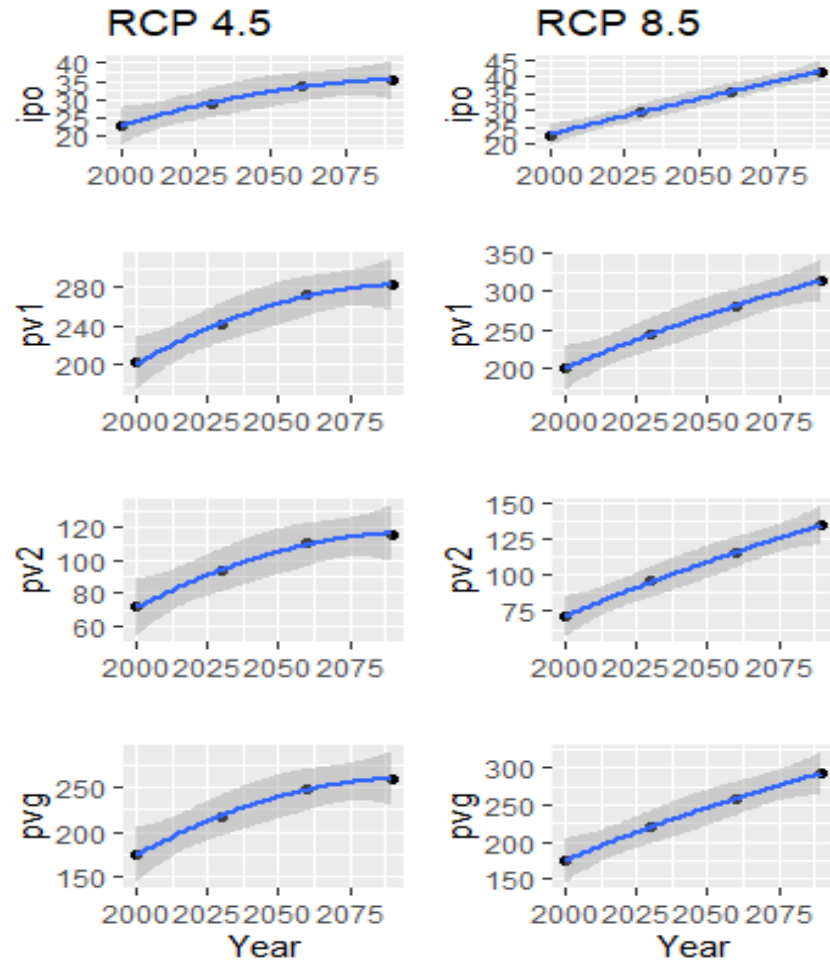
Вид уравнений регрессии с нормализованными параметрами

- $ipo = (a0_{ipo} + a1_{ipo} * x + a2_{ipo} * y^{0,3} + a3_{ipo} * x * y^{0,3})^5$
- $pv1 = (a0_{pv1} + a1_{pv1} * x + a2_{pv1} * y^{0,3} + a3_{pv1} * x * y^{0,3})^5$
- $pv2 = (a0_{pv2} + a1_{pv2} * x + a2_{pv2} * y^{0,3} + a3_{pv2} * x * y^{0,3})^5$
- $pvg = (a0_{pvg} + a1_{pvg} * x + a2_{pvg} * y^{0,3} + a3_{pvg} * x * y^{0,3})^5$

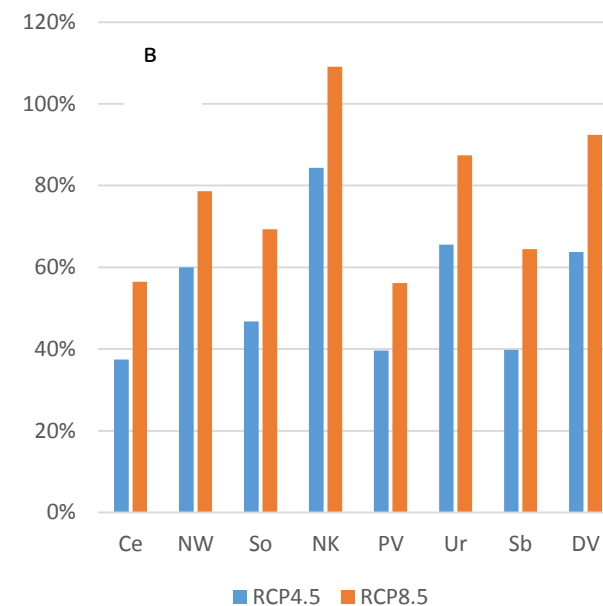
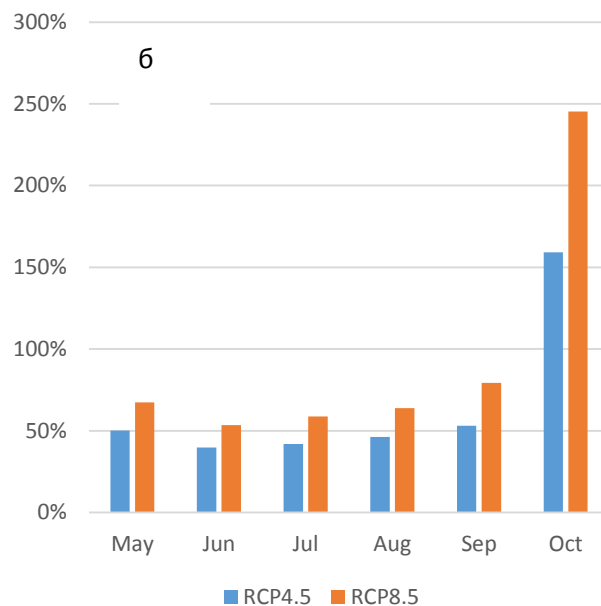
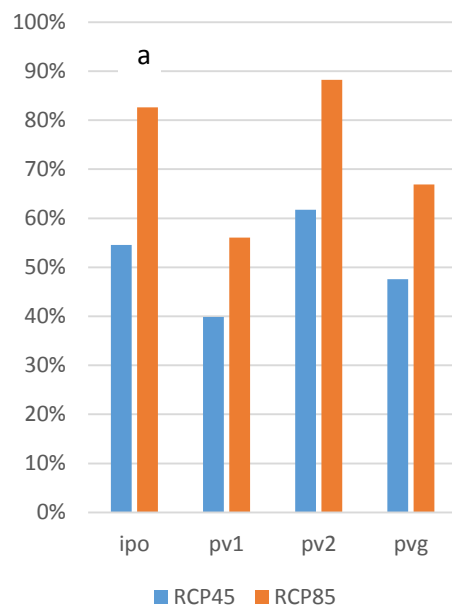


Квантили исходных (а) и нормализованных (б) параметров распределений

Динамика индексов ПО для двух сценариев МГЭИК на период до 2100 года.



Прирост индексов ПО к концу столетия по прогнозам МГЭИК.

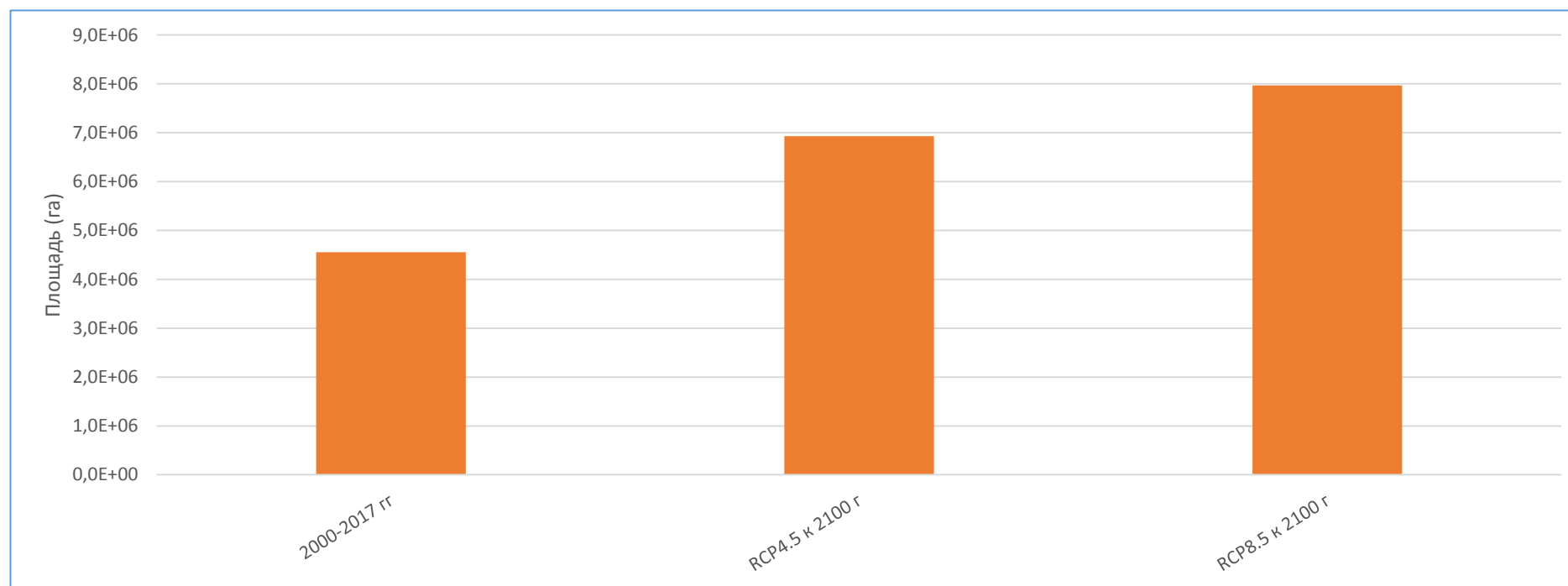


(а) средние величины от агрегации по федеральным округам и месяцам пожароопасного периода, (б) агрегировано по месяцам пожароопасного периода, (в) агрегировано по федеральным округам.

Ce-Центральный, NW - Северо-Западный, So – Южный, NK - Северо-Кавказский, PV – Приволжский, Ur – Уральский, Sb – Сибирский, DV – Дальневосточный Федеральные округа.

Прогноз площади лесных пожаров в РФ к концу столетия

При допущении о линейной связи площади, пройденной огнем и индексами пожарной опасности



Заключение

- При прочих равных и линейной связи индексов ПО с площадями пожаров, общая площадь лесных пожаров в РФ к концу столетия составит 6,9 млн. га для сценария умеренного роста температур (RCP4.5) и 8,0 млн. га для сценария экстремального роста (RCP8.5) при средних размерах текущих лесных пожаров 4,6 млн.га в год.
- Допущение, принятое нами о том, что климатический режим (распределение погодных событий во времени), сохранится в будущем на текущем уровне неверно. Уже сейчас очевидно, что частота экстремальных погодных событий (засух, экстремально высоких температур и т.д.), возрастает.
- Таким образом, полученные нами данные дают нижний предел оценок предстоящего роста горимости лесов РФ.