

# Риски возникновения лесных пожаров: оценки с использованием дистанционных данных, модели фазовых переходов и байесовского подхода

В.Г.Суховольский<sup>1</sup>, В.Г.Разнобарский<sup>2</sup>,  
А.В.Ковалев<sup>3</sup>, <sup>4</sup>Ю.Д.Иванова

<sup>1</sup>Институт леса им.В.Н.Сукачева, Красноярск

<sup>2</sup>Центр защиты леса Красноярского края,

<sup>3</sup>ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

<sup>4</sup>ИБФ СО РАН, Красноярск

Леса все время горят. И многие думают, что можно предупредить пожар, если оценить состояние насаждения.

Но таежные леса занимают территории в миллионы га. И физически невозможно обследовать каждый участок леса, чтобы оценить риски возникновения пожара.

Необходимы методы, позволяющие уменьшить площади и период пожарного мониторинга. Поэтому для выявления территорий, на которых достаточно велики риски пожаров, необходимы подходы, ориентированные, с одной стороны, на использование данных дистанционного зондирования, и, с одной стороны, на построение моделей рисков пожаров.

Что известно о пожарах?

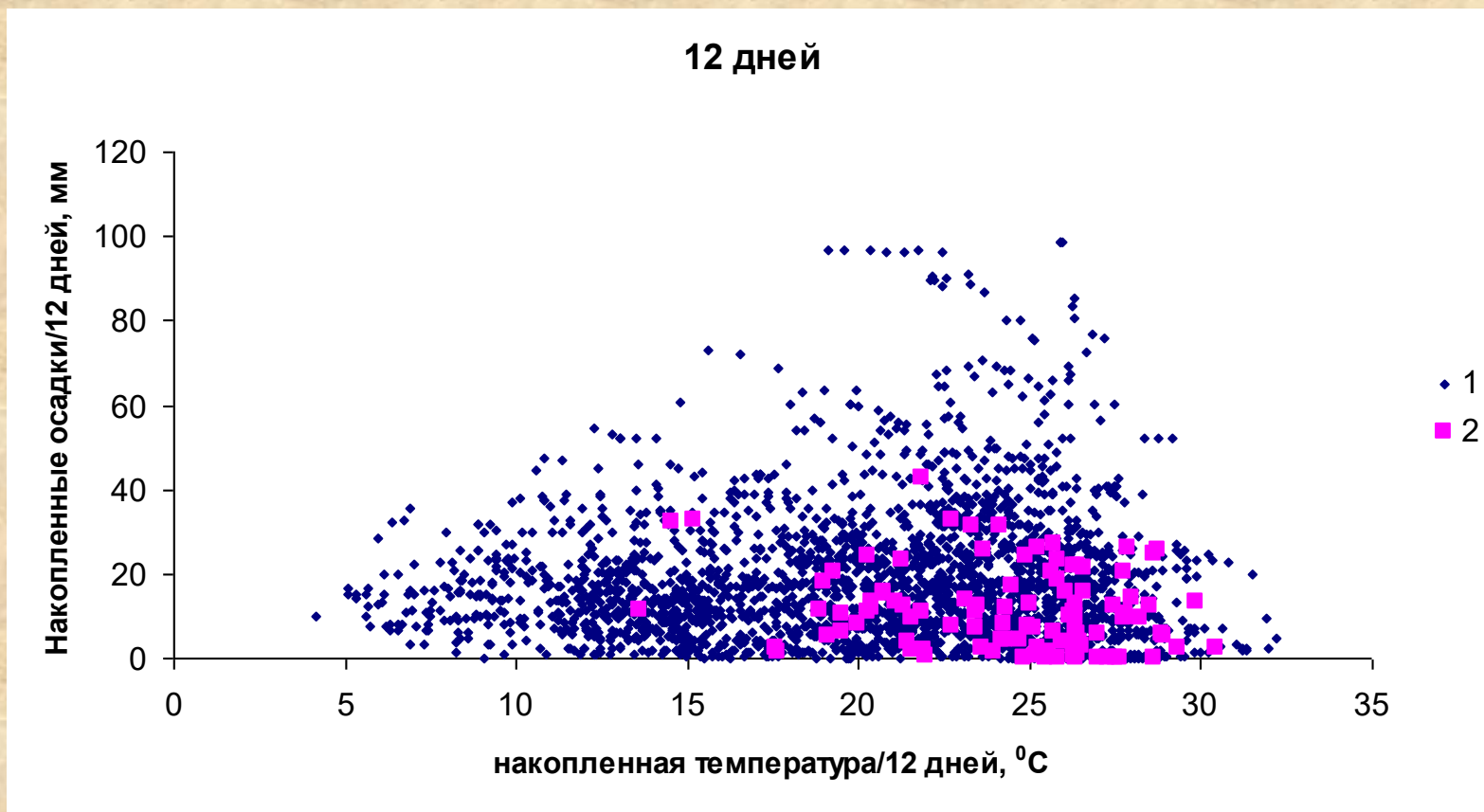
# Формула Байеса для погодных условий, необходимых для пожара

**Необходимость** влияния погодных условий на развитие вспышек определялась по **условной вероятности** того, что в течение анализируемого периода времени событию FIRE – лесному пожару - обязательно предшествует ситуация, при которой выбранный погодный показатель  $W$  в годы перед началом пожара превысил некоторое критическое значение  $W_0$ :

$$P(FIRE / W > W_0) = \frac{P(FIRE, W > W_0)}{P(FIRE)}$$

где  $P(FIRE, W > W_0)$  – вероятность того, что в течение некоторого периода времени, предшествующего вспышке массового размножения, значение выбранного погодного фактора превосходило пороговое значение  $W_0$ ;  $P(FIRE)$  – вероятность возникновения вспышки в течение изучаемого периода времени.

# «Накопленные» погодные показатели (12 дней до пожара)



1 – пожара нет; 2 - пожар

# Таблица сопряженности погодных характеристик в Богучанском районе с возникновением пожара

сумма осадков, мм за 12 дней до начала пожара	сумма температур за 12 дней до пожара					
	< 100	100-150	150-200	200-250	<b>250-300</b>	<b>300-350</b>
<b>&lt;5</b>	0	0	0	0.024	<b>0.116</b>	<b>0.107</b>
<b>5-10</b>	0	0	0	0.039	<b>0.041</b>	<b>0.100</b>
<b>10-15</b>	0	0	0.008	0.064	<b>0.077</b>	<b>0.106</b>
15-20	0	0	0	0.040	0.009	0.040
20-25	0	0	0.018	0.010	0.021	0.050

**Риск пожара при малом количестве осадков и высоких температурах**

**$p = 0.55$**

# Дистанционные данные

Северо-восток Богучанского района Красноярского края,  
Пожары 12.07.14-14.07.14

По данным «Карта пожаров» <https://fires.ru>

Modis Terra,

Снимки 2010-2018 года,

продукты

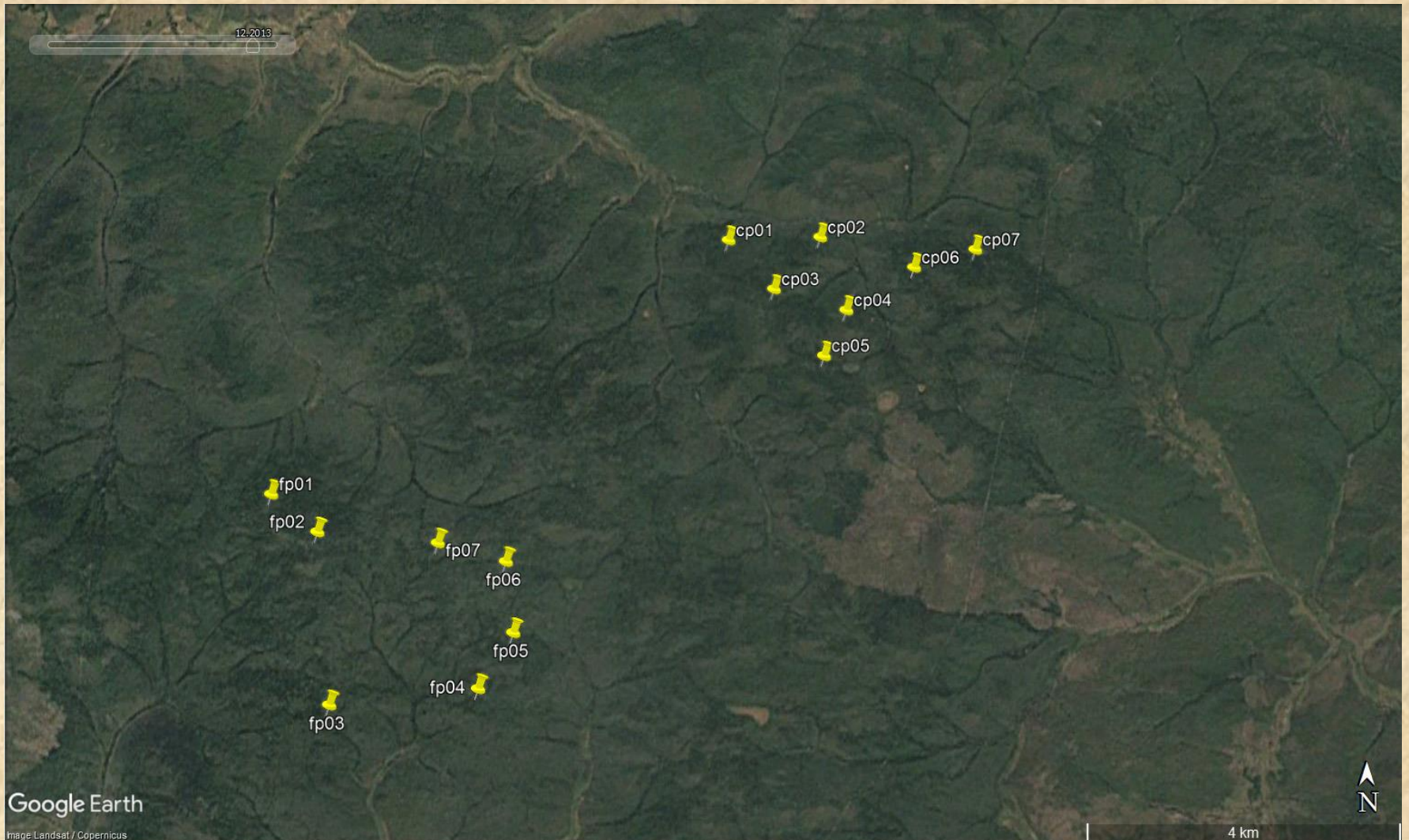
MOD09A1.006, 500m, 8-days (surface reflection bands 2, 6),

MOD11A2.006, 1000m, 8-days (Land Surface temperature day),

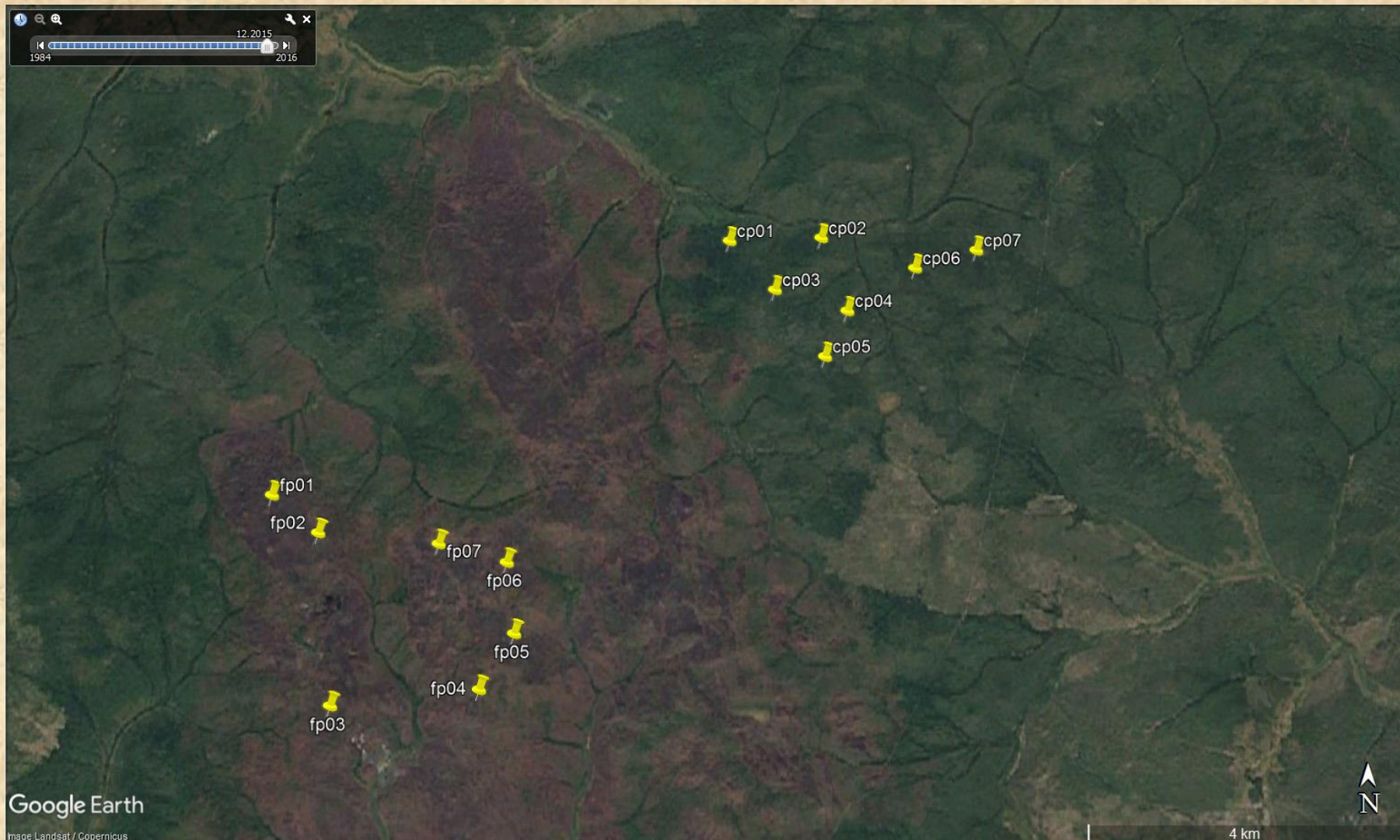
Индекс LSWI=  $(rb2 - rb6) / (rb2 + rb6)$

K. Chandrasekar , M. V. R. Sessa Sai , P. S. Roy & R. S. Dwevedi  
(2010) Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI  
using the MODIS Vegetation Index product// International Journal of  
Remote Sensing, 31:15, 3987-4005

# Богучанский район, 2013 г.



# Богучанский район 2015 г.





# Функция отклика $h(\tau)$ : связь температуры и влажности на территории

$V(t)$  – временной ряд первых разностей влажности

$T(t)$  – временной ряд первых разностей радиационной температуры

Связь между  $V(t)$  и  $T(t)$  описывается интегралом свертки

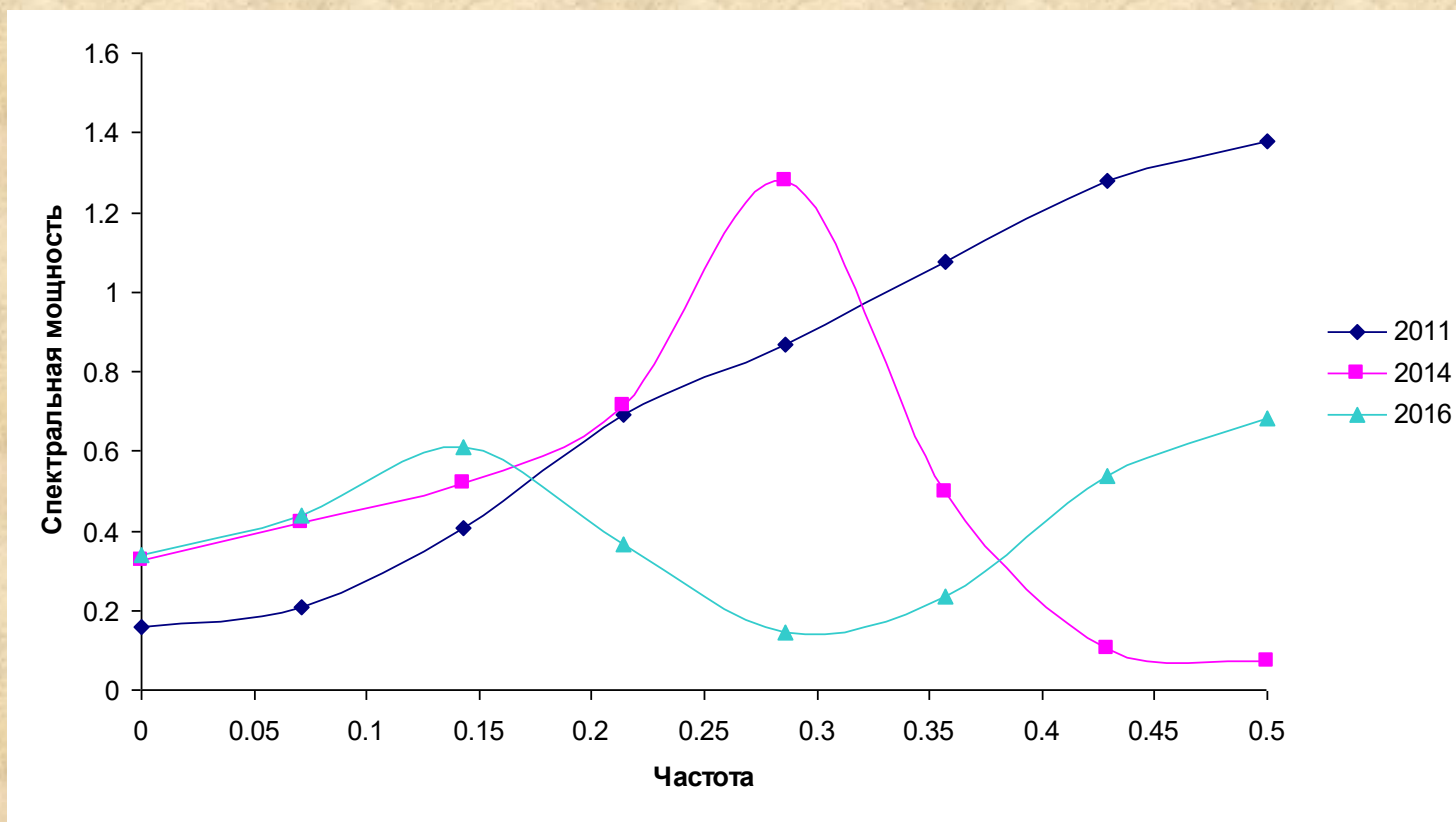
$$V(t) = \int_0^t h(\tau)T(t - \tau)d\tau$$

После фурье-преобразования интеграла свертки получим:

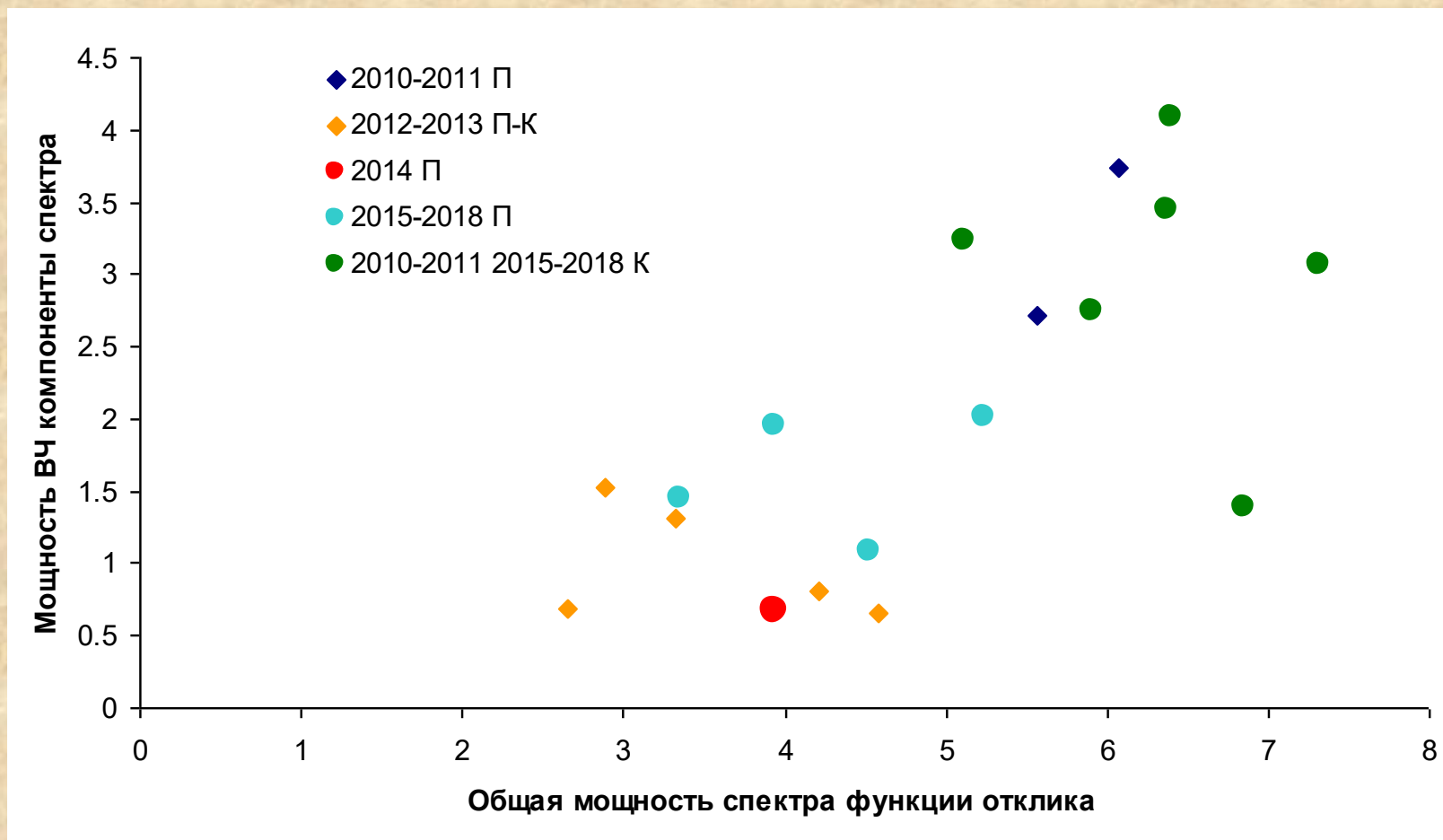
$$\Phi_{VT}(\omega) = H(\omega)\Phi_{TT}(\omega)$$

# Спектр функции отклика изменения влажности на изменение температуры

Если функция  $H(\omega)$  отклика велика, воздействие температуры ведет к изменению влажности. При этом риск пожара будет возрастать.



# Интегральные характеристики функций отклика в 2010-2018 гг.(первая половина года)



**Благодарю за внимание**