

ПРЕДИКТОРЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ НАСЕКОМЫМИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

¹Ковалев А.В., ^{1,2}Суховольский В.Г.

¹ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

²Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

Мониторинг состояния насаждений и развития вспышек массового размножения сибирского шелкопряда в таежных лесах Сибири крайне затруднен в связи с гигантскими территориями лесов.

В связи с этим возникает задача выявления территорий, на которых потенциально возможно развитие вспышек массового размножения вредителя. Мониторинг таких неустойчивых к атакам сибирского шелкопряда лесов можно вести только с помощью дистанционных методов.



Задача

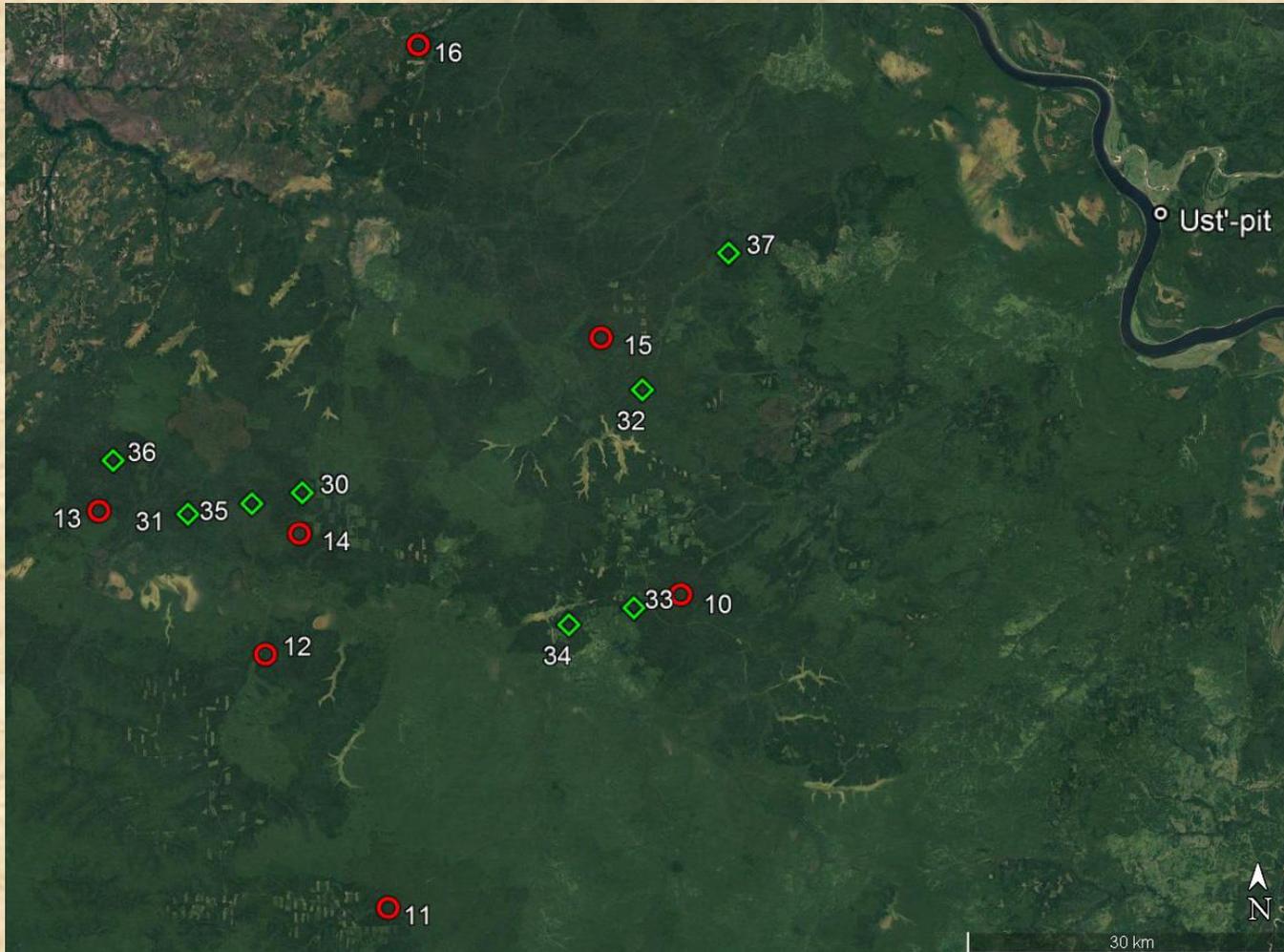
- Разработка ранних признаков появления лесных территории, потенциально неустойчивых к нападению насекомых-вредителей по данным дистанционного зондирования земли.

В частности, для мониторинга можно использовать данные со спутника NASA AQUA/TERRA с оборудованием MODIS – восьмидневные композиты NDVI и радиационной оценки температуры LST.

NDVI – нормализованный вегетативный индекс, отражающий количество и состояние растительного покрова на изучаемой площади.

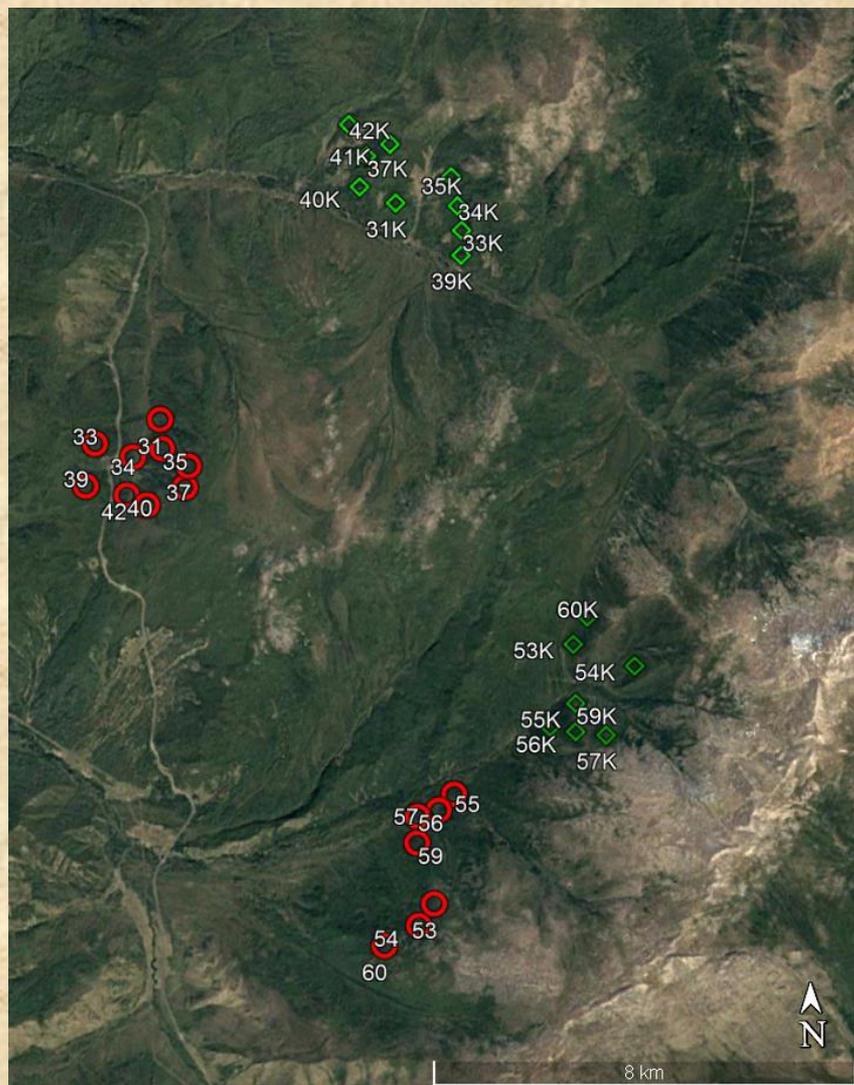
В течение сезона рассматриваются временные ряды NDVI(t) и LST(t) длиной 46 членов.

Пробные площади вблизи очага массового размножения сибирского шелкопряда (бассейн Енисея вблизи п.Усть-Пит) 2016-2017гг.

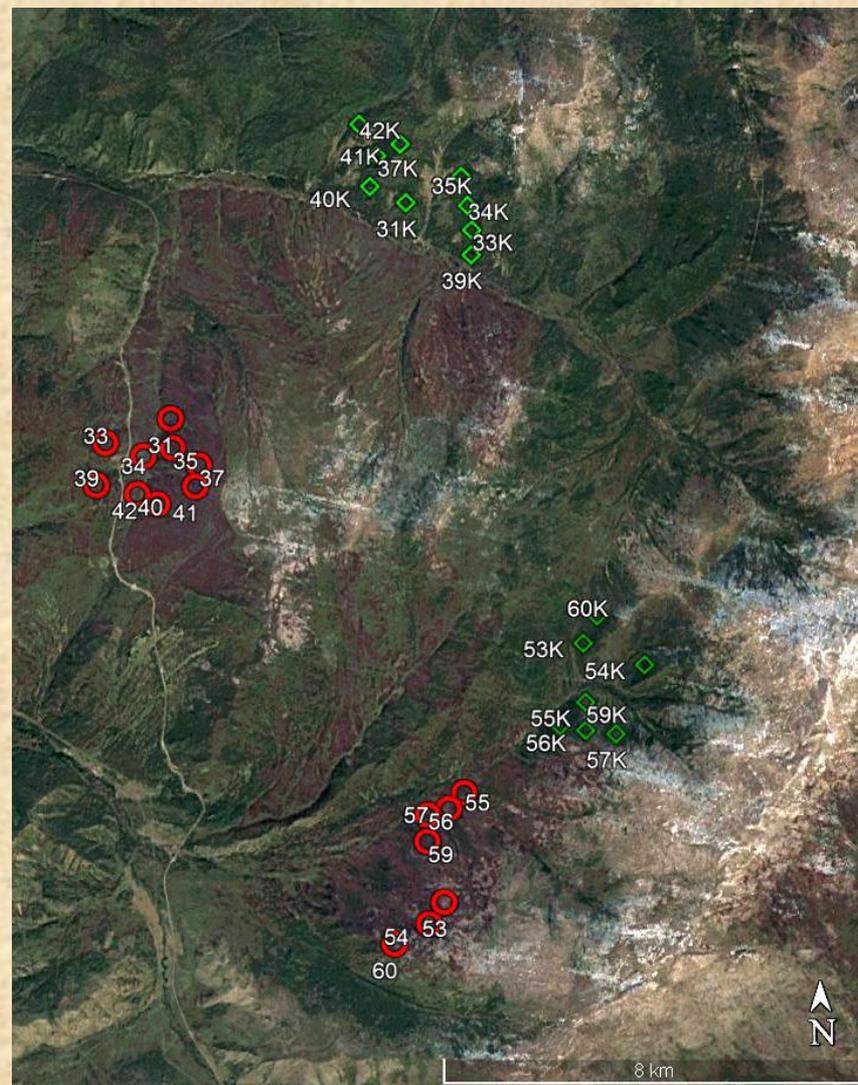


Красные точки – насаждения, поврежденные вредителем, синие точки – неповрежденные насаждения (по данным Красноярского Центра защиты леса)

Пробные площади в Ермаковском районе на юге Красноярского края, поврежденные в 2013 году черным пихтовым усачем *Monochamus urussovi* Fischer .

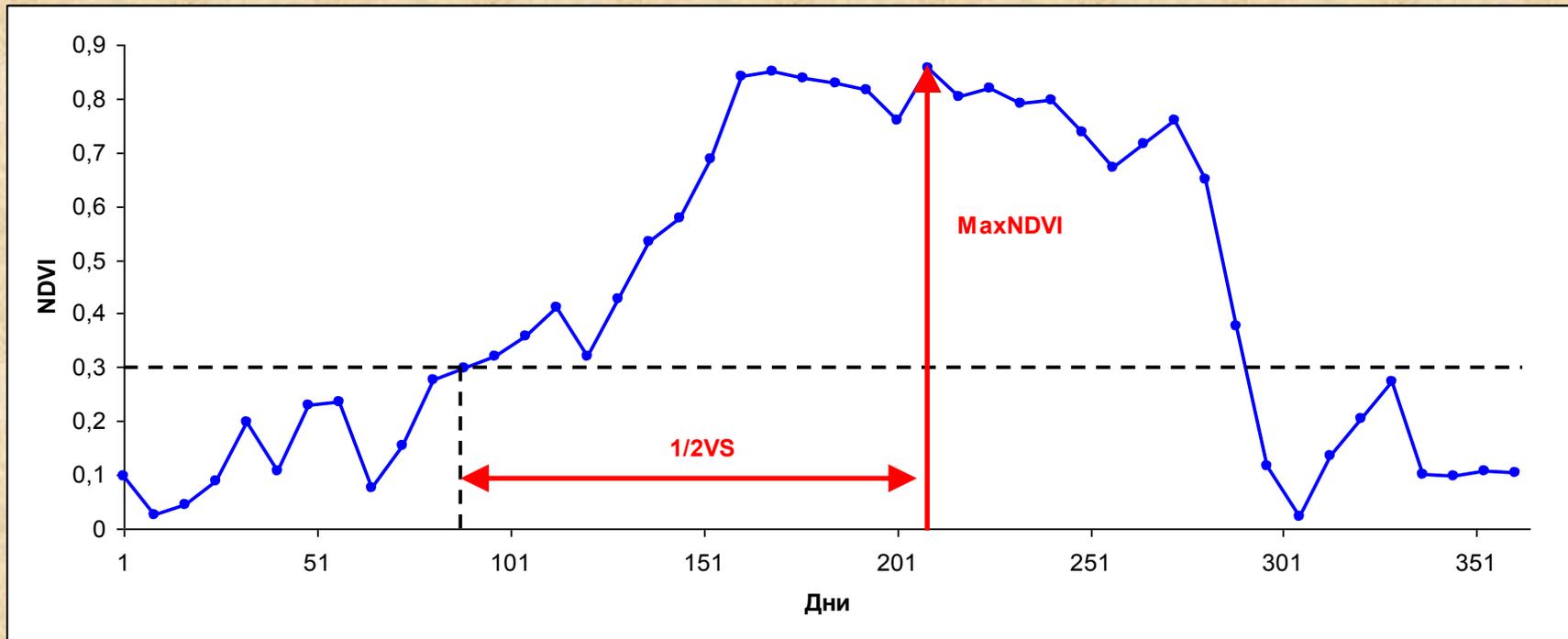


2012 г.

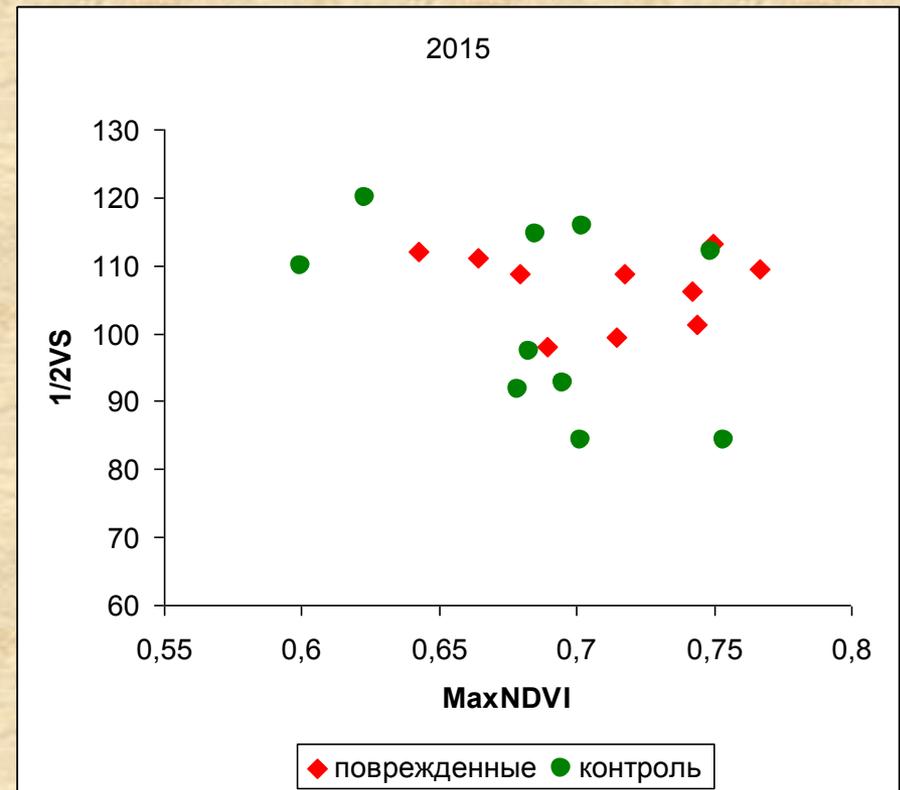
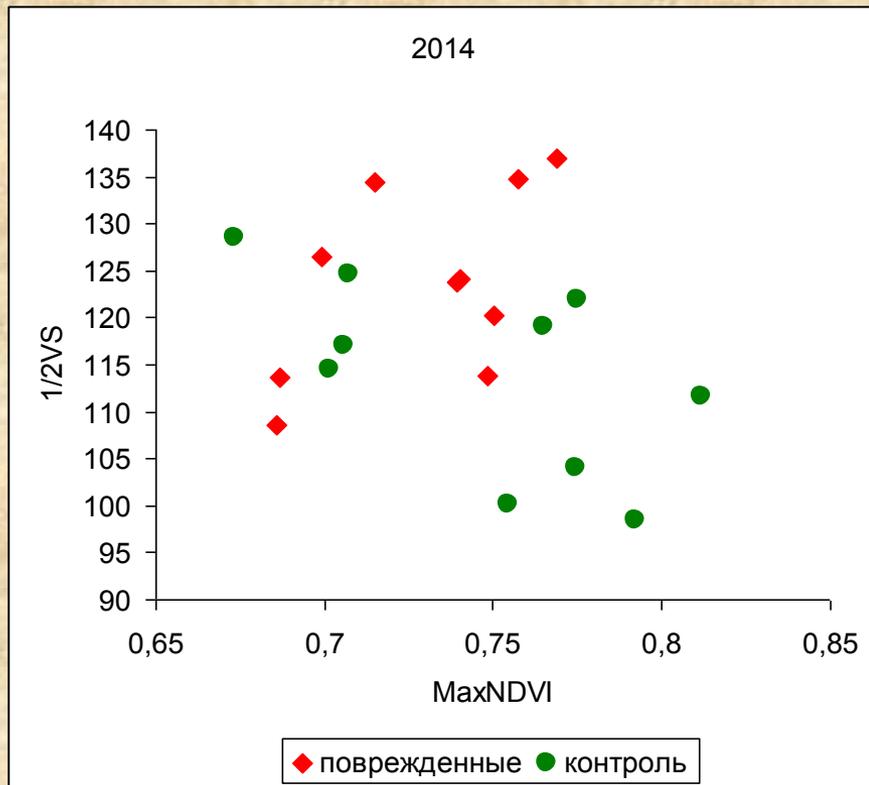


2014 г.

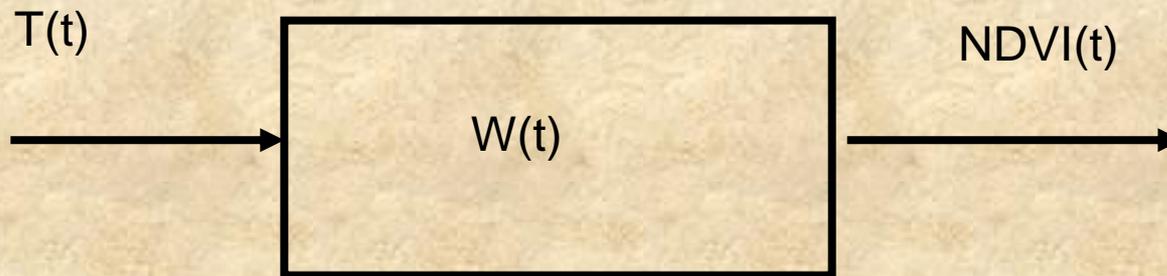
Основные показатели сезонной динамики NDVI



Оценка различия пробных участков по кривой сезонной динамики NDVI



Отклик NDVI на изменение температуры T среды



Интеграл Фредгольма описывает отклик зависимой переменной ($NDVI(t)$) на воздействие независимой переменной $T(t)$:

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

Обратная задача: нахождение функции отклика $h(w)$ при известных значениях NDVI и температуры

$$NDVI(t) = \int_0^t h(w)T(t - \tau)d\tau \quad \begin{array}{l} \text{Уравнение} \\ \text{Фредгольма} \end{array}$$

где: $T(t)$ – временной ряд температуры; $h(w)$ – функция отклика (ядро интегрального преобразования).

По данным со спутника можно получить временные ряды NDVI(t) и температуры $T(t)$. Зная эти данные, можно вычислить кросс-корреляционную функцию. Таким образом, для интегрального уравнения Фредгольма нужно решить обратную задачу: найти функцию отклика $h(w)$ по известным входным и выходным данным.

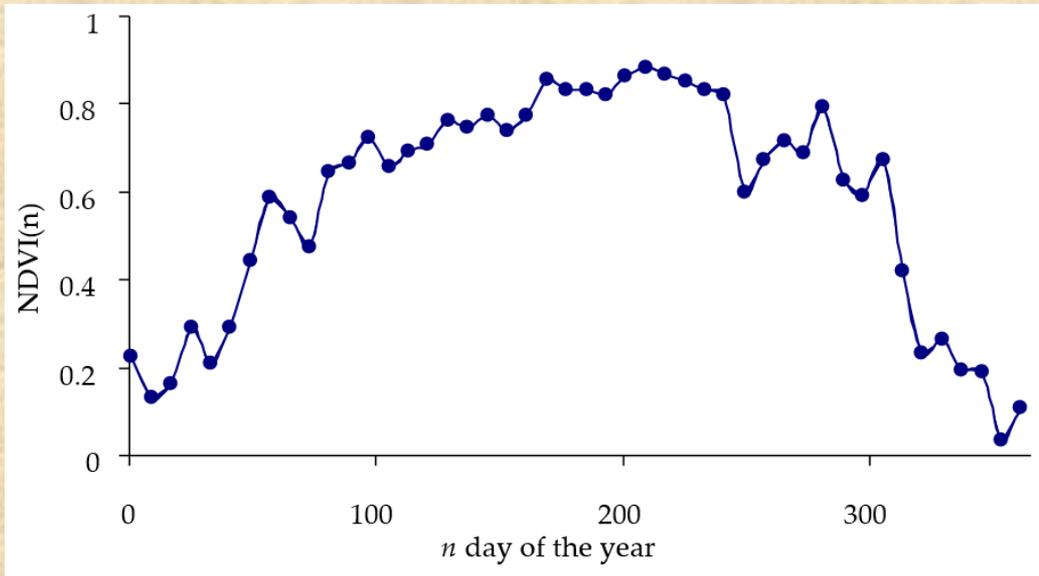
Для решения обратной задачи и нахождения функции отклика необходимо выполнить преобразование Фурье уравнения Фредгольма.

Для расчетов необходимо, чтобы анализируемые временные ряды были бы стационарными. Для этого перейдем от рядов NDVI(t) и T(t) к рядам первых разностей. Тогда можно записать спектр функции отклика H(f):

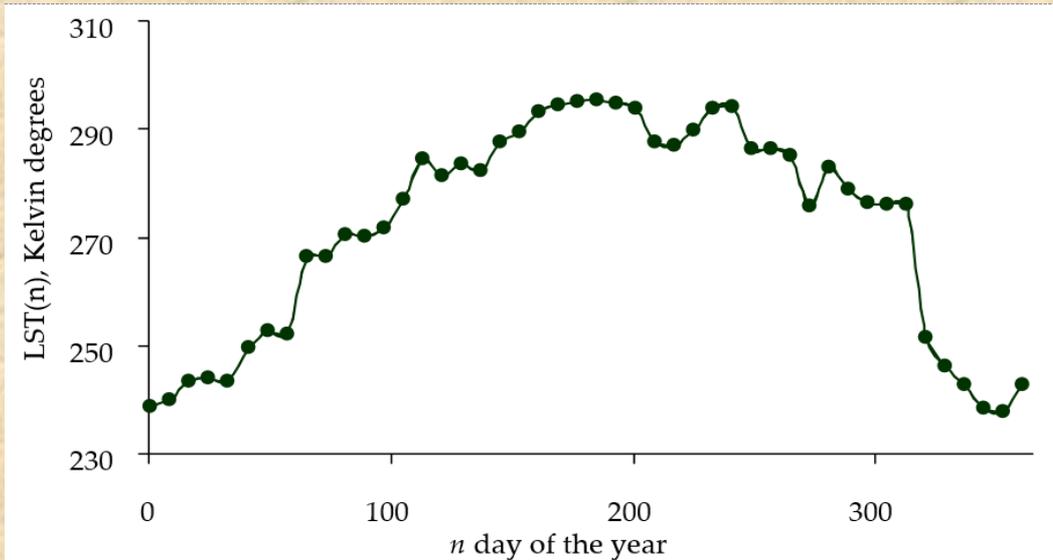
$$H(f) = \frac{FFT(C_{12}(dT, dNDVI))}{FFT(T_{11}(dT))}$$

где: FFT – спектральное преобразование Фурье, C_{12} – кросскорреляционная функция рядов первых разностей T и NDVI, T_{11} – автокорреляционная функция ряда первых разностей T.

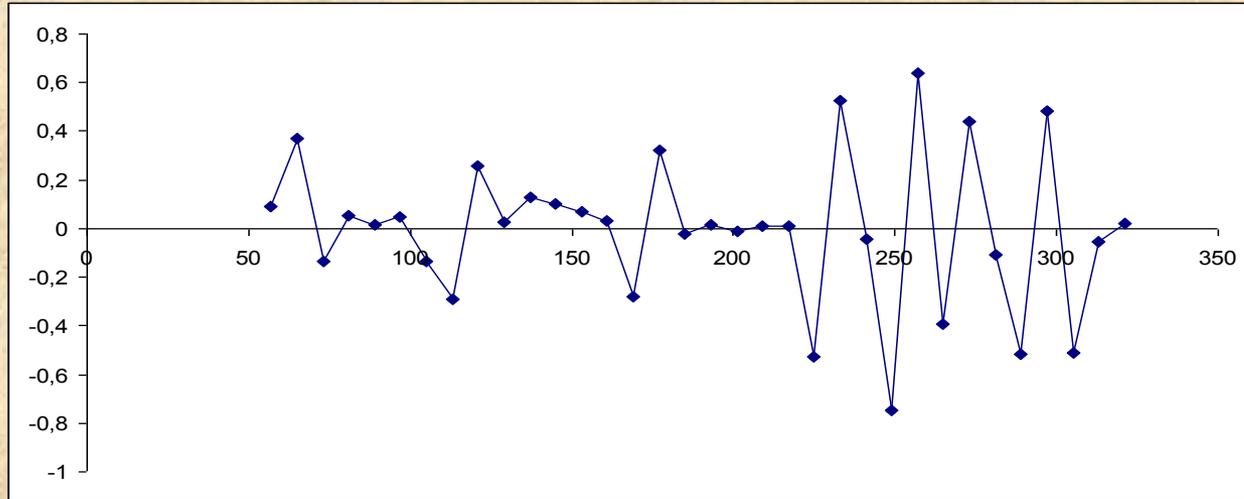
Типичный восьмидневный композит NDVI



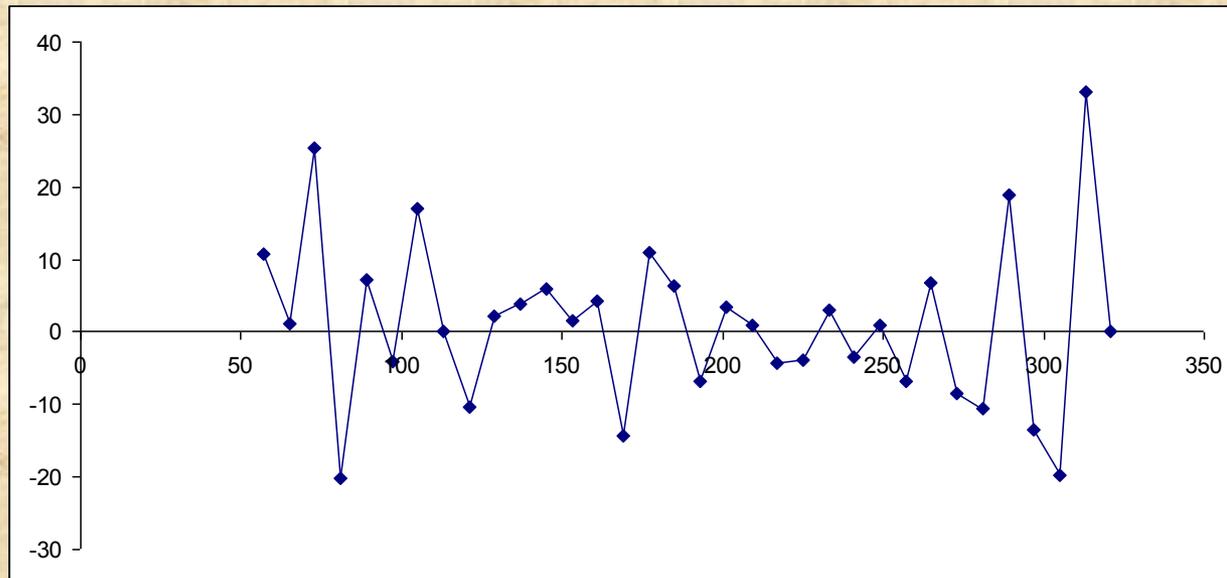
Типичный восьмидневный композит LST



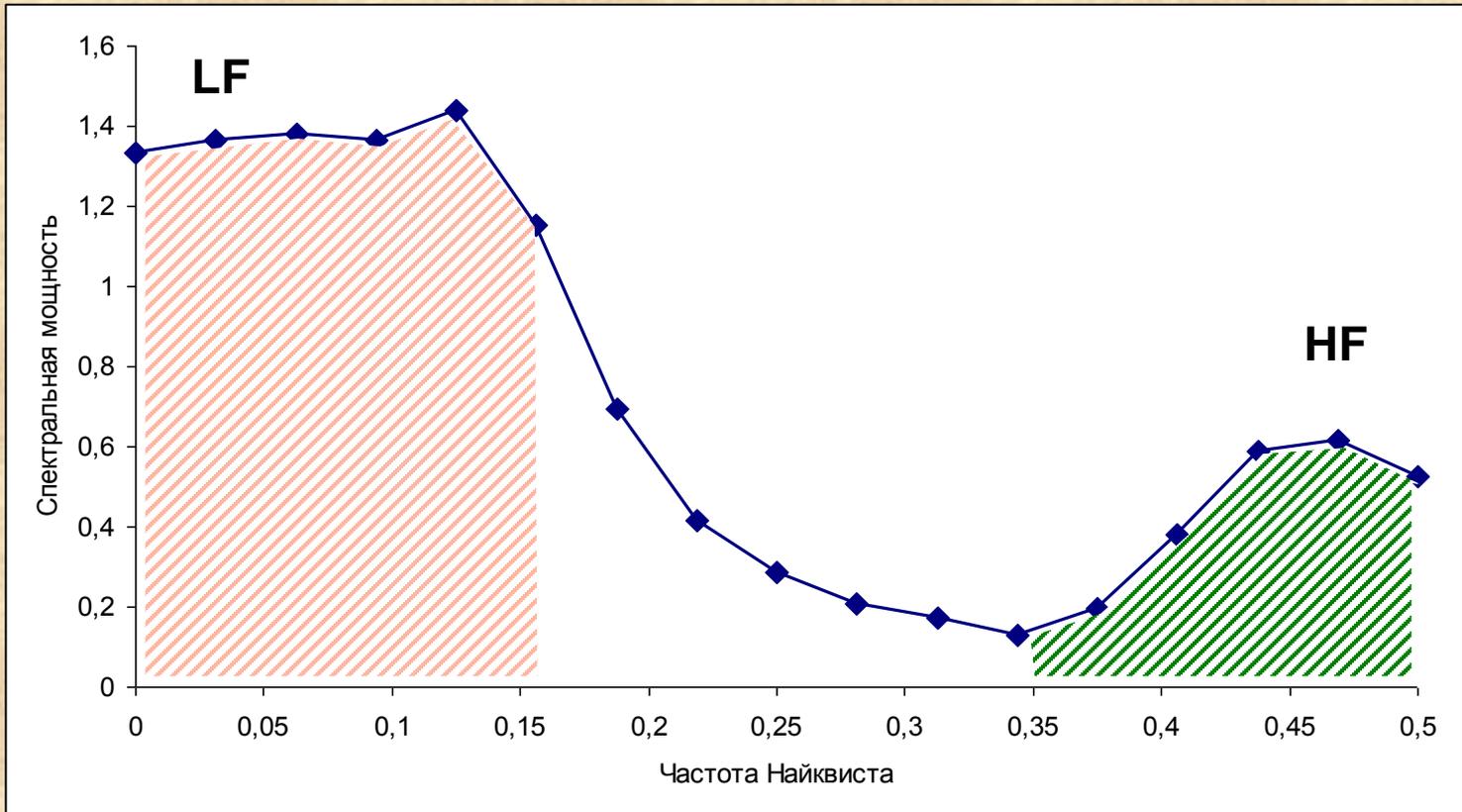
Ряд первых разностей NDVI (с 57 по 321 день)



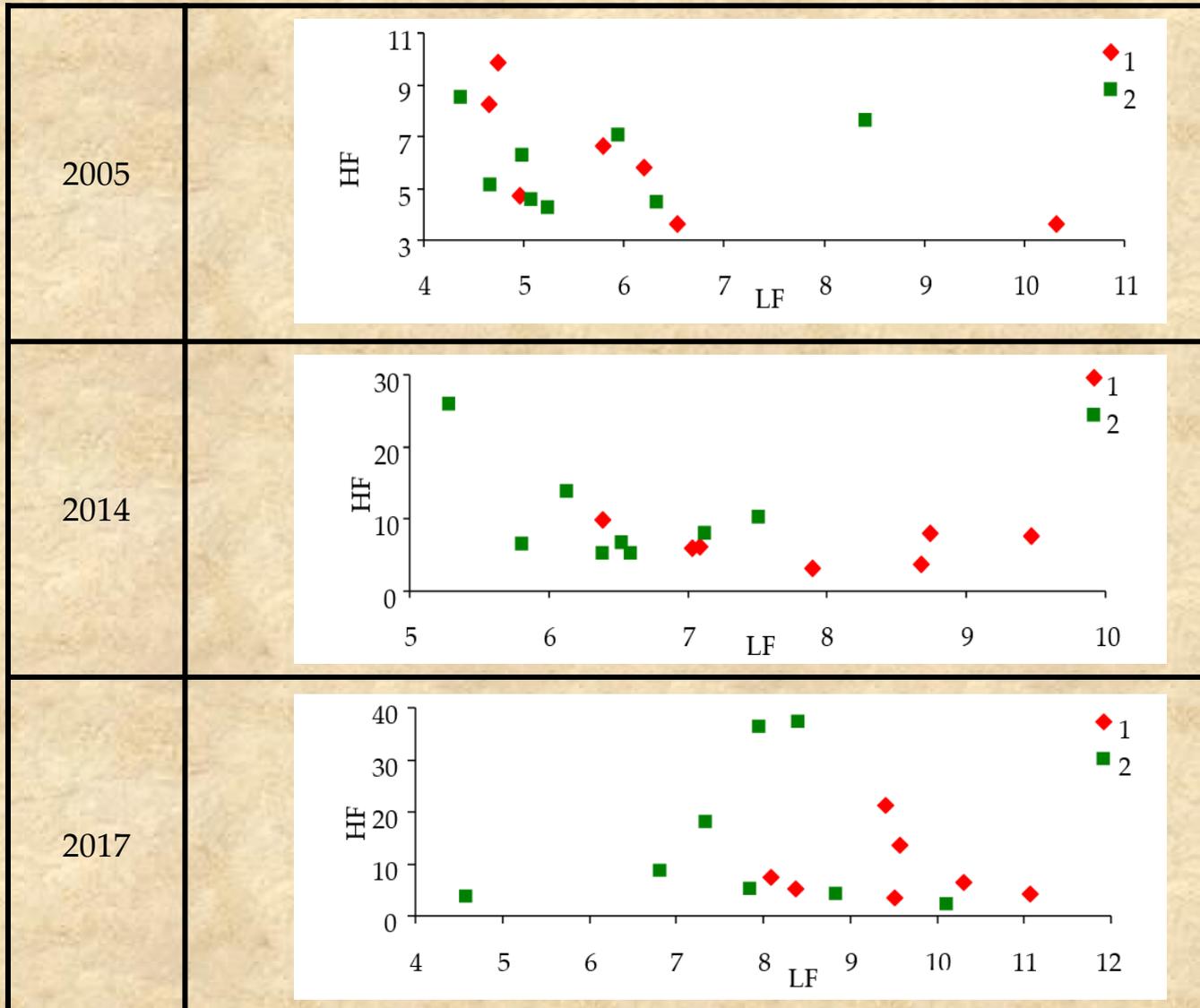
Ряд первых разностей LST (с 57 по 321 день)



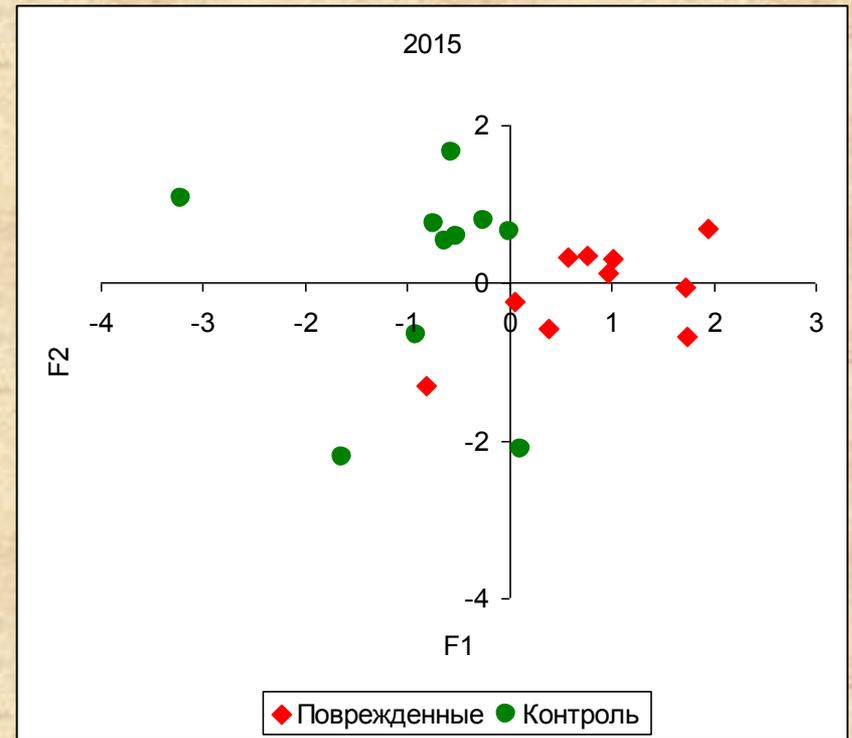
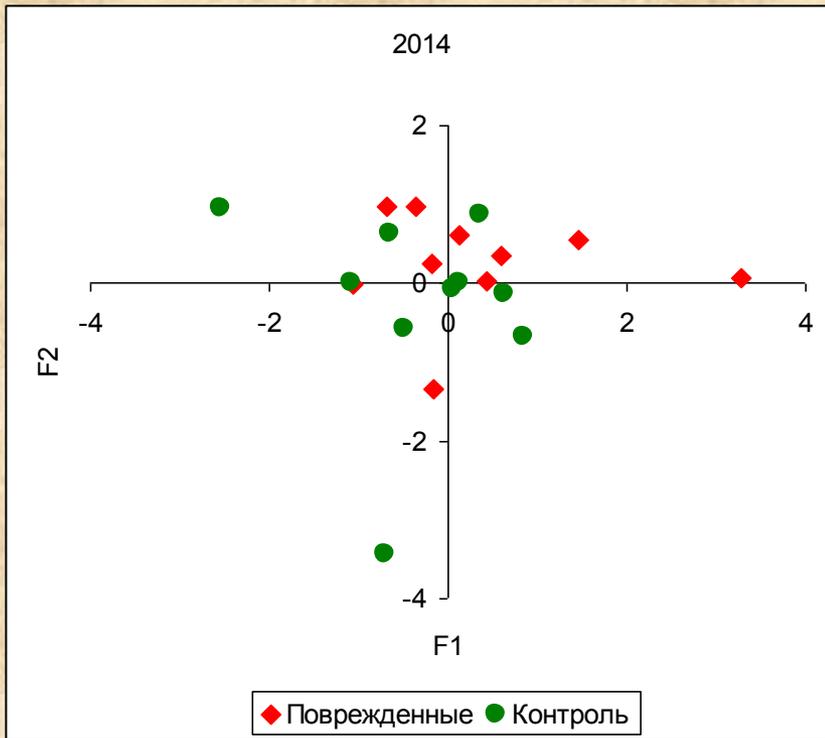
Спектральная функция отклика



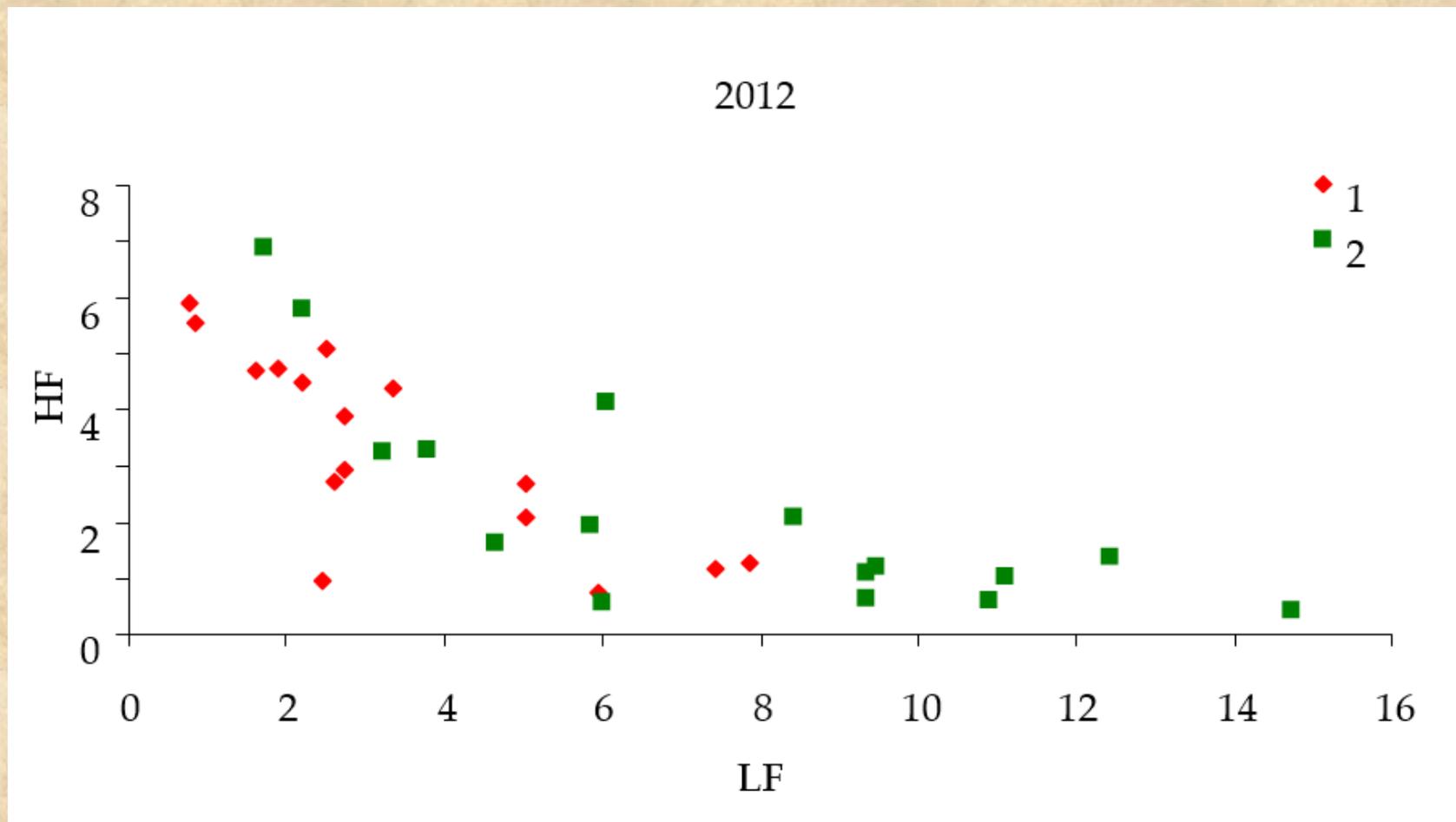
Параметры LF и HF для очага сибирского шелкопряда (2015 г.) в разные годы до и после вспышки. 1 - поврежденные участки; 2 - контрольные насаждения.



Интегральные характеристики (метод главных компонент) функции отклика (2014 – 2015гг.)



Параметры LF и HF для очага черного пихтового усача (2013 г.) за год перед вспышкой. 1 - поврежденные участки; 2 - контрольные насаждения.



Значимость оценки различия параметров спектральной функции для поврежденной и контрольной групп.

Year	Siberian Silkmoth (Outbreak 2015)			Black Fir Sawyer (Outbreak 2013)		
	Wilks' λ	p	Significance at the 0.15 Level	Wilks' λ	p	Significance at the 0.15 Level
2003	0.98	0.85	–	0.9	0.235	–
2004	0.78	0.16	–	0.9	0.22	–
2005	0.93	0.58	–	0.78	0.028	+
2006	0.99	0.95	–	0.9	0.2	–
2007	0.99	0.9	–	0.87	0.13	+
2008	0.87	0.39	–	0.92	0.29	–
2009	0.79	0.18	–	0.87	0.125	+
2010	0.65	0.04	+	0.86	0.12	+
2011	0.94	0.63	–	0.88	0.15	+
2012	0.91	0.49	–	0.65	0.002	+
2013	0.75	0.11	+	0.69	0.016	+
2014	0.55	0.012	+	0.55	0.002	+
2015	0.81	0.21	–	0.64	0.0014	+
2016	0.91	0.49	–	0.76	0.02	+
2017	0.58	0.016	+	0.65	0.002	+
2018	0.58	0.017	+	0.65	0.002	+
2019	0.67	0.051	+			

Выводы

- Функции отклика NDVI на изменения температуры можно использовать как предиктор ослабления территории, восприимчивых к атакам насекомых за 1-2 года до начала повреждений.
- Данная характеристика скорее всего является необходимым, но недостаточным условием развития вспышек массового размножения насекомых.
- Повышение пространственного разрешения ДДЗ позволит увеличить надежность метода.

Благодарю за внимание