

**Динамика лесного покрова,  
поврежденного хвоегрызущим вредителем,  
по спутниковым данным Landsat**

*С.В. Князева, С.П. Эйдлина, В.М. Жури*

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва*



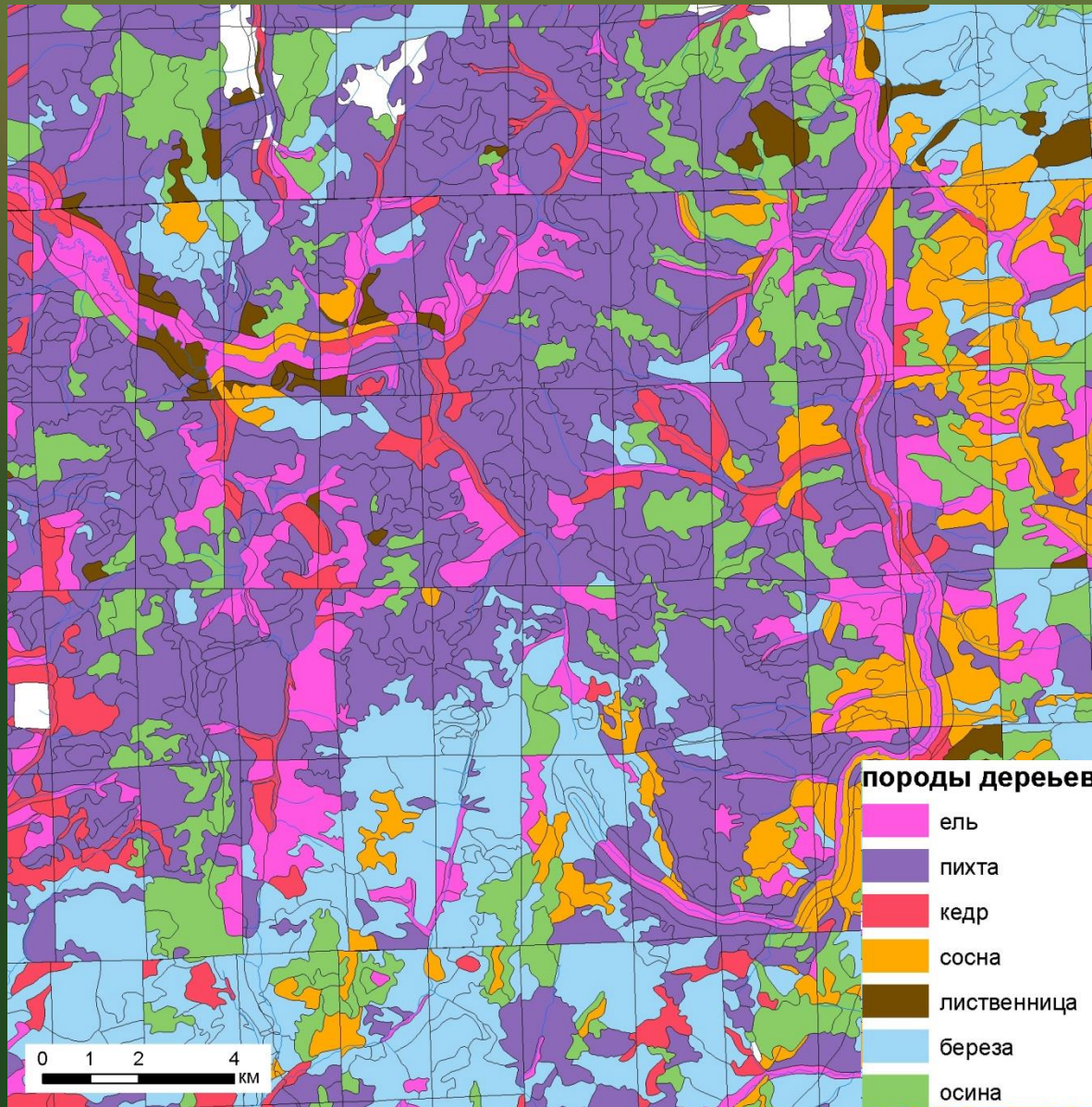
Сибирский шелкопряд (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetw) является основным вредителем хвойных лесов Сибири и Дальнего Востока нашей страны. Вспышки увеличения численности этого насекомого-вредителя, вызванные преимущественно погодными условиями, особенно разрушительны в темнохвойной тайге с преобладанием пихты, ели и кедра.



Одна из последних массовых вспышек размножения сибирского шелкопряда произошла в лесах Красноярского края в период 1994-1996 годов и привела к повреждению темнохвойных насаждений на площади около 700 тыс. га, и гибели лесов на площади около 200 тыс. га

**Цель** исследования заключалась в анализе многолетней динамики вегетационных индексов, полученных по спутниковым данным Landsat за период с 1989 по 2014 гг., которые характеризуют динамику лесного покрова и состояние лесных экосистем, нарушенное вследствие повреждения темнохвойной тайги в 1994-96 гг. хвоегрызущим вредителем - сибирским шелкопрядом.

# Территория исследования



Исследования проведено на примере лесного массива модельной территории Приангарского лесного таёжного района Восточной Сибири (Красноярский край), площадью около 100 тыс. га. До вспышки сибирского шелкопряда на территории произрастали темнохвойные разнотравные и зеленомошные леса с преобладанием пихты, ели и кедра при участии сосны, лиственницы, берёзы и осины. Большинство насаждений имеют смешанный породный состав, чистых древостоев не более 15%. Данные лесоустройства 1992 г. включают около 4000 выделов.



# Изображение цифровой модели рельефа

Цифровая модель рельефа (ЦМР) создана на основе векторных слоев топографической карты масштаба 1:100000.

Рельеф местности слабо возвышенный, расчлененный с диапазоном высот от 140 до 460 м. Большая часть исследуемой территории (92%) представлена пологими склонами крутизной не более 5°.

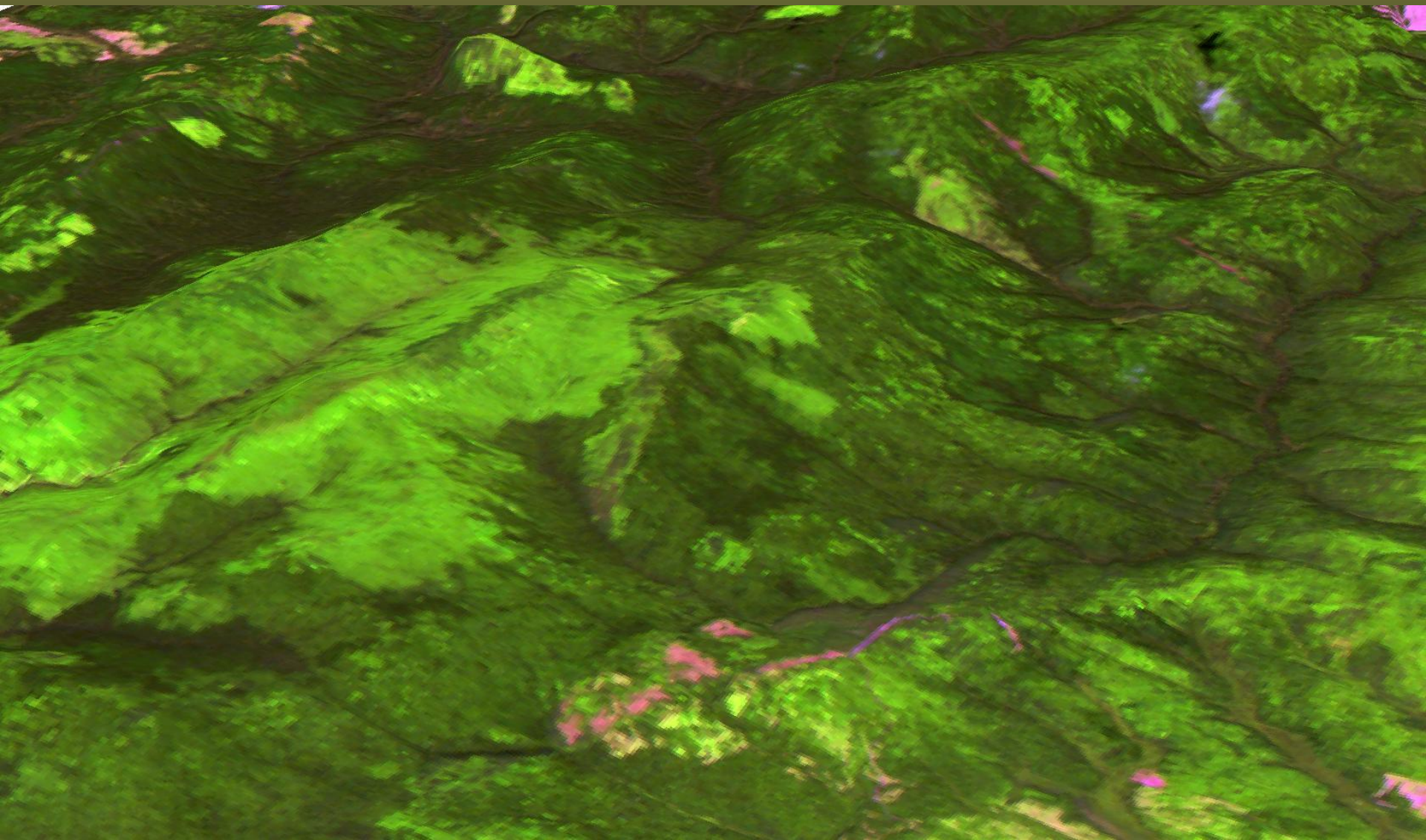
Отметки высот, м

	425 - 460
	400 - 425
	375 - 400
	350 - 375
	325 - 350
	300 - 325
	275 - 300
	250 - 275
	225 - 250
	200 - 225
	175 - 200
	140 - 175

Важность использования ЦМР обусловлена ролью рельефа в формировании условий освещенности, увлажнения и температурного режима лесного ландшафта.



Трехмерное изображение ЦМР с космическим снимком *Landsat 5*  
ТМ 16.06.1989

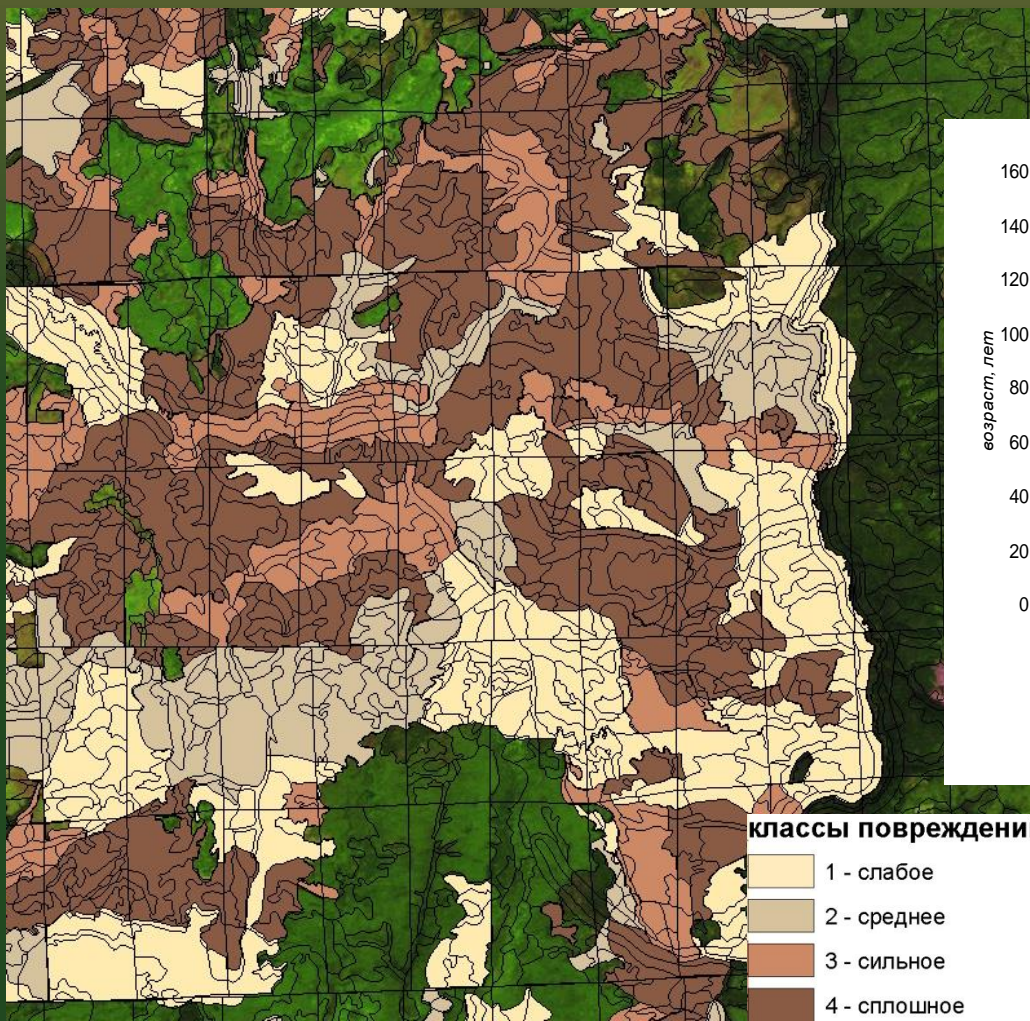




# Повреждение темнохвойных лесов сибирским шелкопрядом

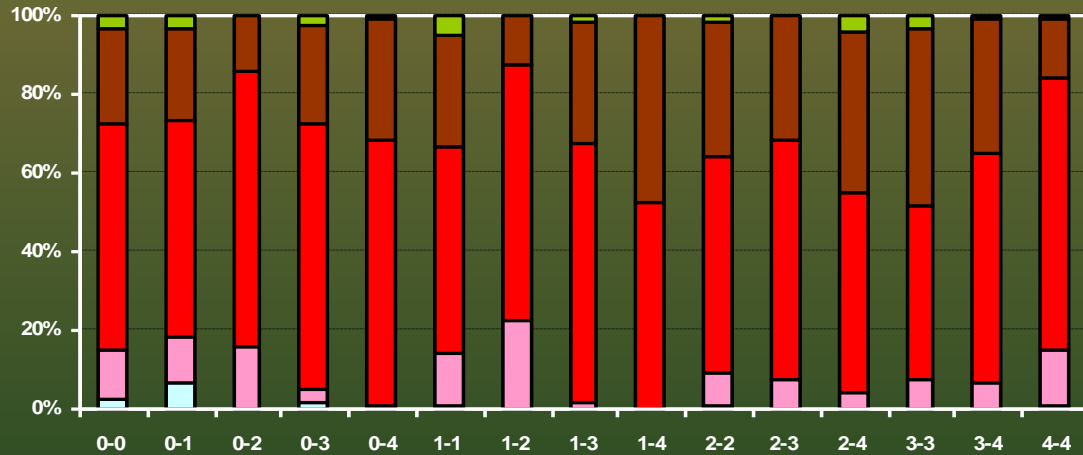
Степень повреждения лесов  
по данным лесопаталогического обследования  
в 1995 - 1996 гг.

Динамика участия хвойных пород и  
возраста древостоев, поврежденных  
сибирским шелкопрядом



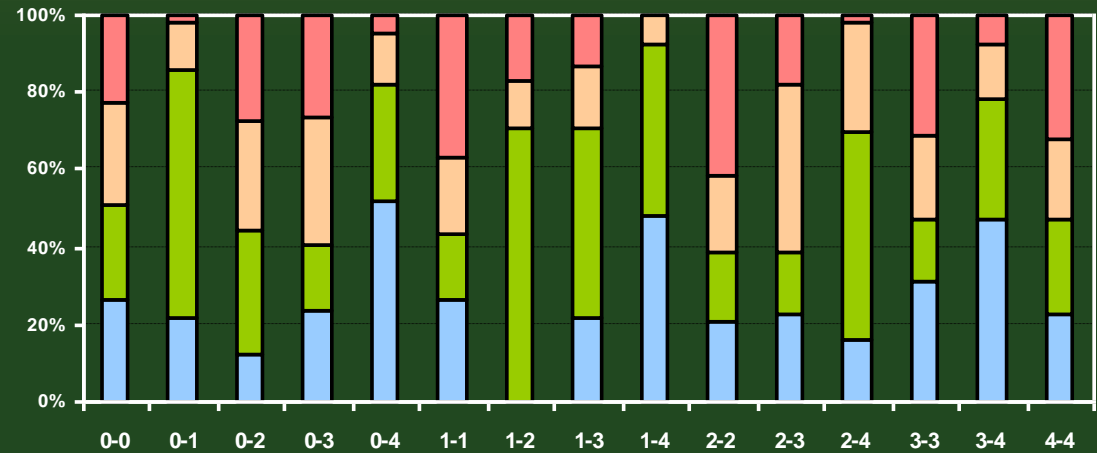
# Положение в рельефе древостоев с разной степенью повреждения

## формы рельефа



- Пойменные участки
- Нижняя часть склонов
- Средняя часть склонов
- Верхняя часть склонов
- Водоразделы (плато)

## ЭКСПОЗИЦИЯ СКЛОНОВ

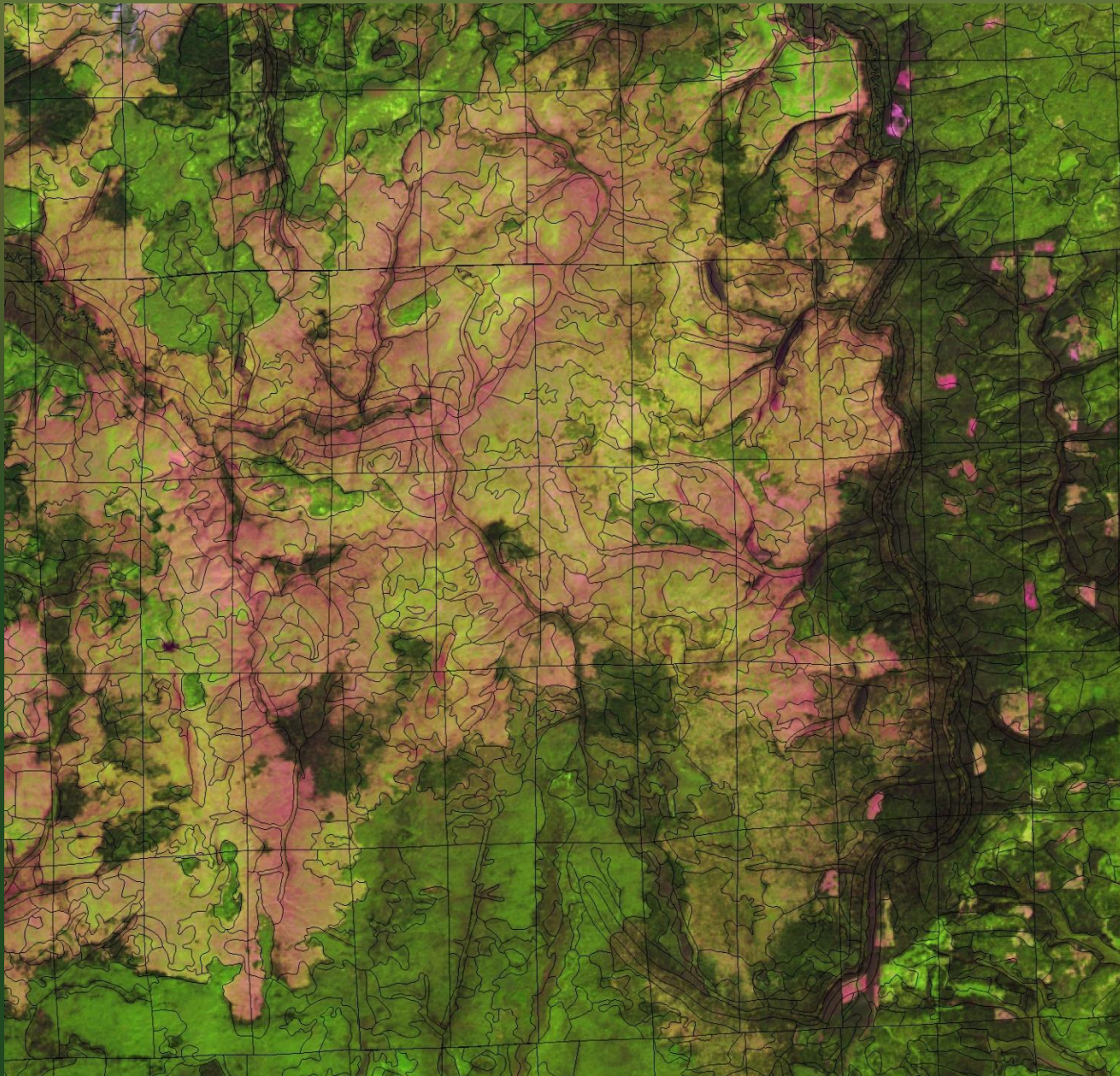


классы повреждения (первая цифра – 1995 г., вторая – 1996 г.)

- Северные
- Восточные
- Южные
- Западные



# Разновременные снимки Landsat



Landsat 5 TM  
16.06.1989

Landsat 7 ETM+  
22.06.2000

Landsat 7 ETM+  
19.06.2002

Landsat 5 TM  
22.06.2006

Landsat 8 OLI\_TIRS  
21.06.2014



# Индекс SWVI

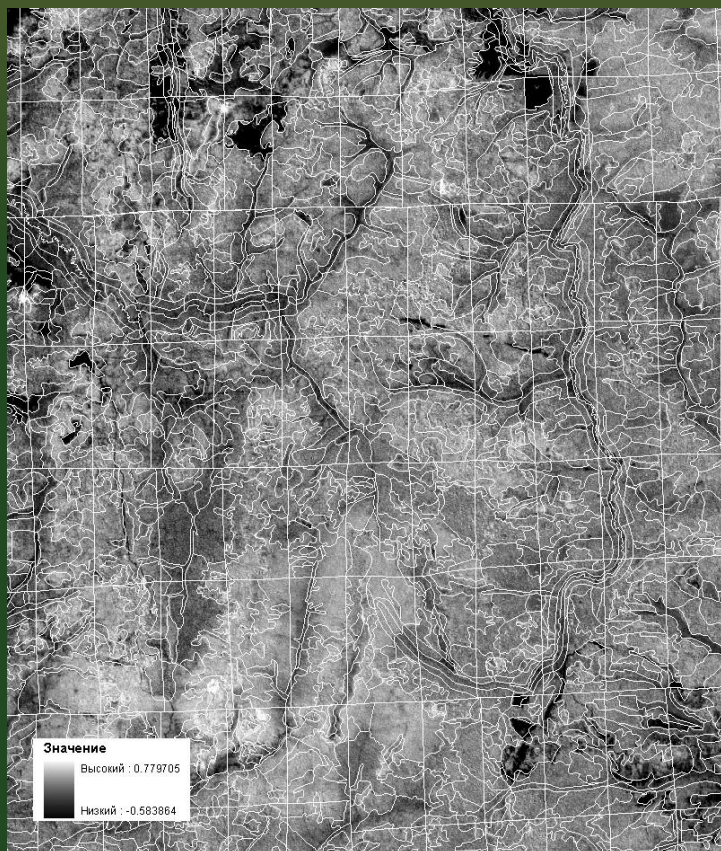
**SWVI** - коротковолновой вегетационный индекс, отражающий водный стресс растительности, вычисляется по формуле:

$$\text{SWVI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}), \text{ где}$$

*NIR* – отражение в ближнем инфракрасном диапазоне 0.76-0.9 мкм;

*SWIR* - отражение в среднем инфракрасном диапазоне 1.55-1.75 мкм

**SWVI 1989**



**SWVI 2000**





# Индекс NDVI

**NDVI** - количественный показатель фотосинтетически активной биомассы. Один из самых распространенных и используемых индексов для оценки растительного покрова, который вычисляется по следующей формуле:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}), \text{ где}$$

The screenshot shows the ArcGIS interface with the 'Indices' panel open. The 'Input File' is 'I16061989\_6fr.img' and the 'Sensor' is 'Landsat 5 TM - 6 Bands'. The 'Index Options' section shows the 'Index' set to 'NDVI - Normalized Difference Vegetation' with the formula '(NIR - RED) / (NIR + RED)'. The 'Band Selection' table is as follows:

Band	Wavelength	Width	NIR	Re
1	0.485	0.07		
2	0.56	0.08		
3	0.66	0.06		✓
4	0.83	0.14	✓	
5	1.65	0.2		
6	2.215	0.27		

The 'Parameters' section is empty. The main map area shows a grayscale satellite image of a landscape.

**RED** –  
отражение в  
красном  
диапазоне  
0.63 - 0.69 мкм

**NIR** -  
отражение в  
ближнем  
инфракрасном  
диапазоне  
0.76-0.9 мкм

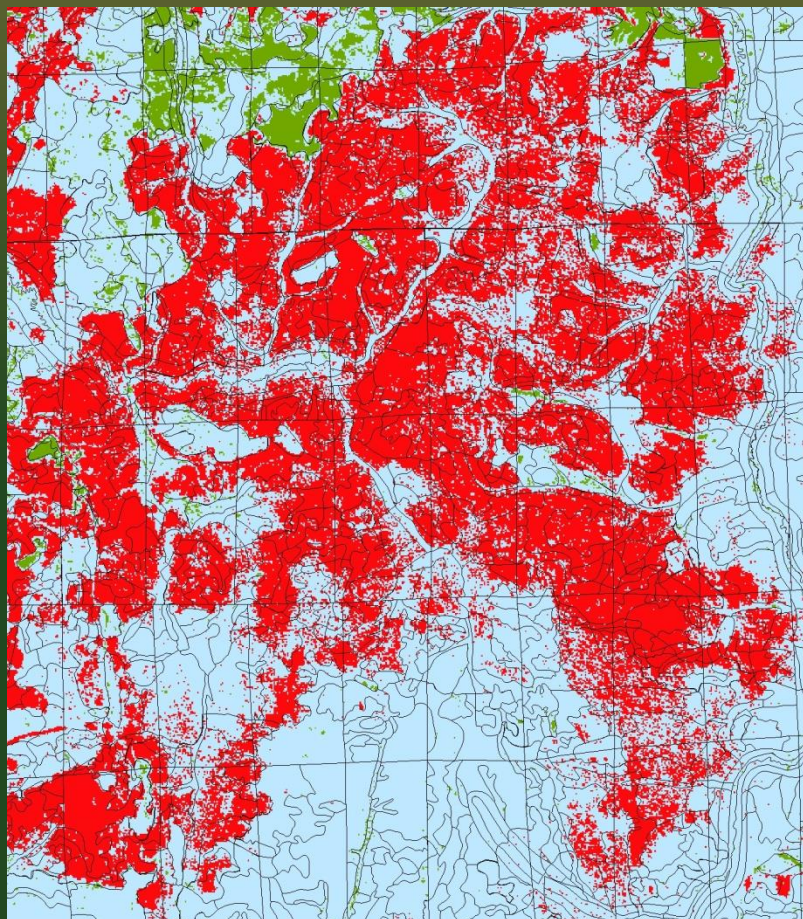


# Разница коротковолнового вегетационного индекса $\Delta SWVI$

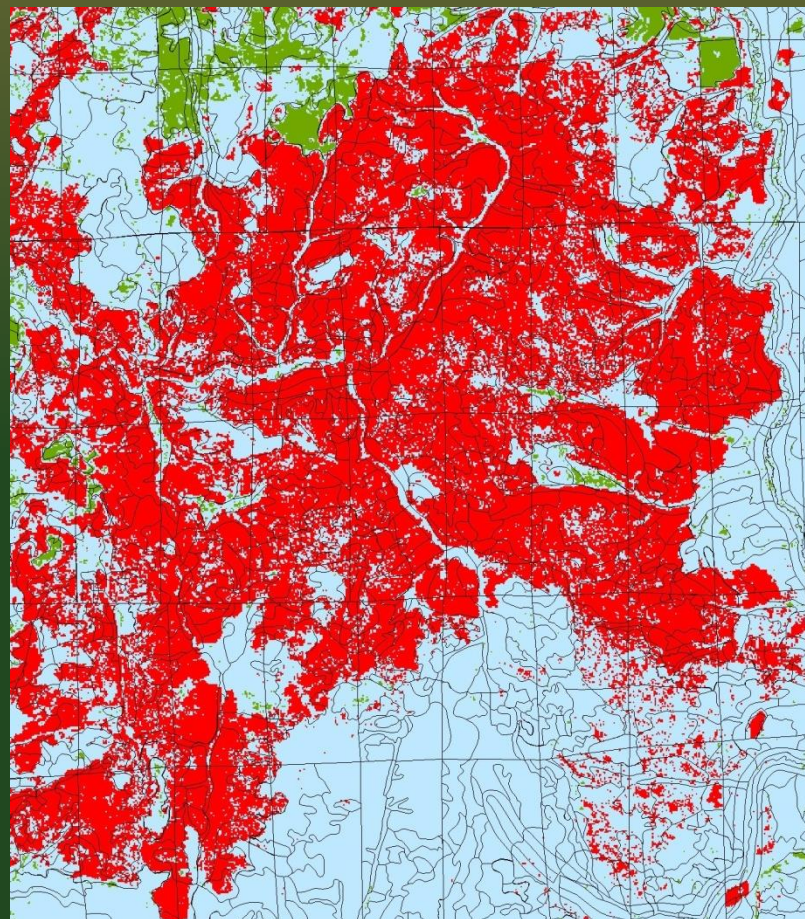
$$\Delta SWVI = SWVI_2 - SWVI_1$$

Разница значений индекса ( $\Delta SWVI$ ), равная пороговому критерию  $1 \sigma$  (стандартному отклонению), позволяет выявить наиболее существенные изменения, произошедшие в лесном покрове за рассматриваемый временной период.

$\Delta SWVI$  1989-2000

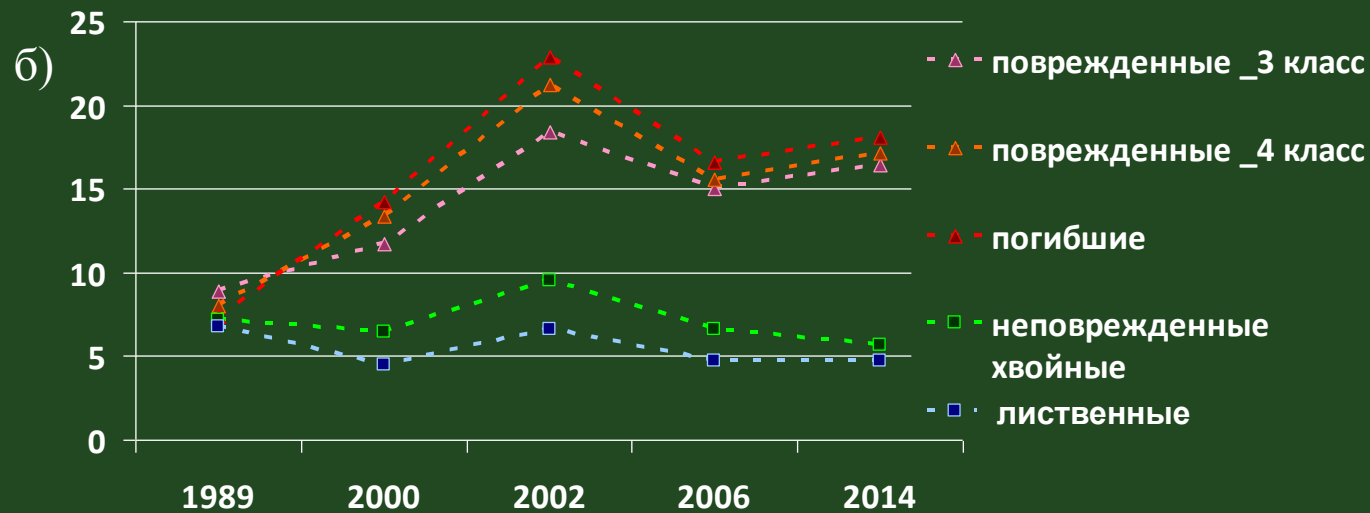
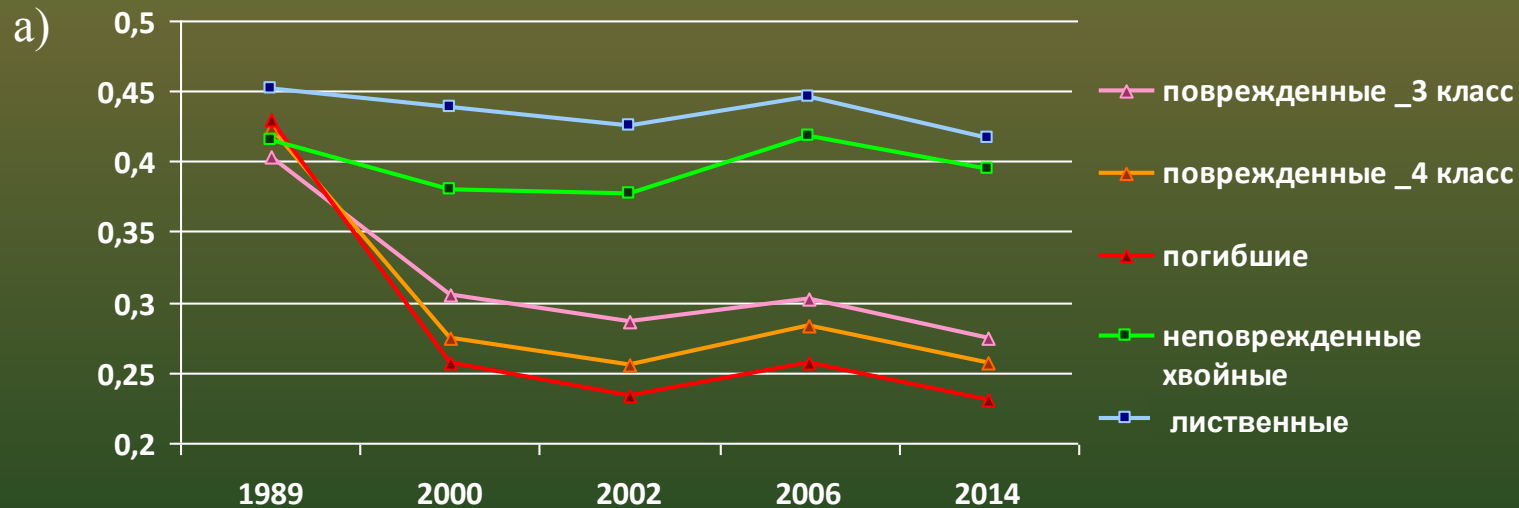


$\Delta SWVI$  2000-2014



отрицательная разница  $\Delta SWVI$

# Динамика средних значений (*a*) и коэффициентов вариации (*б*) индекса SWVI



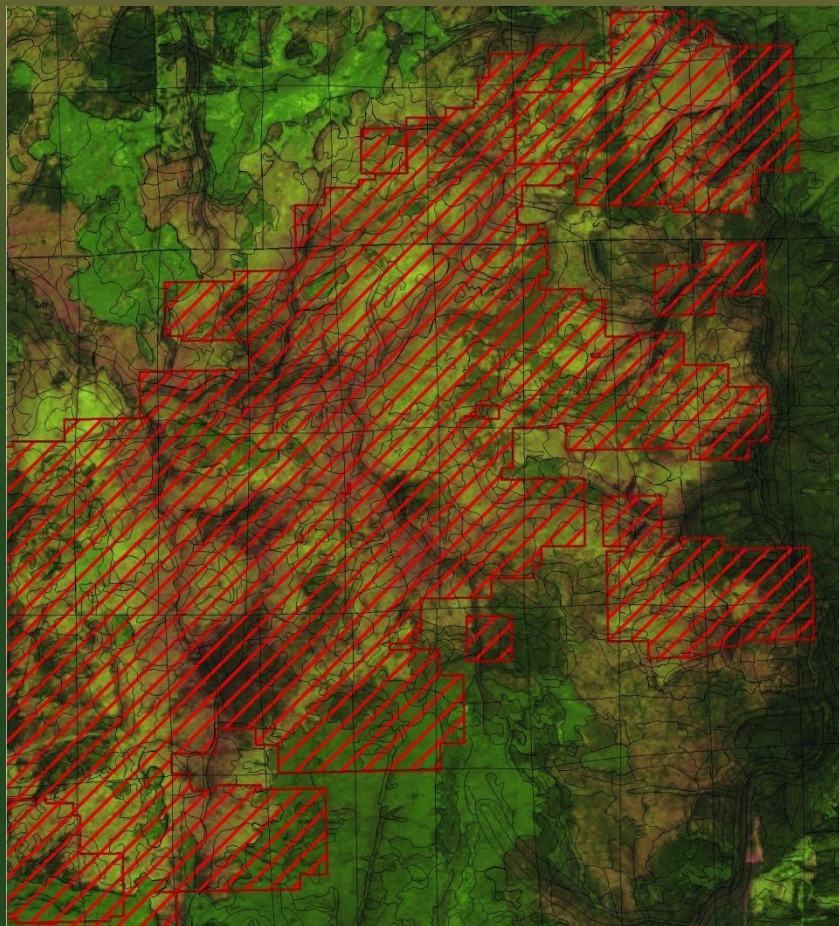


# Динамика средних значений (*a*) и коэффициентов вариации (*б*) индекса *NDVI*

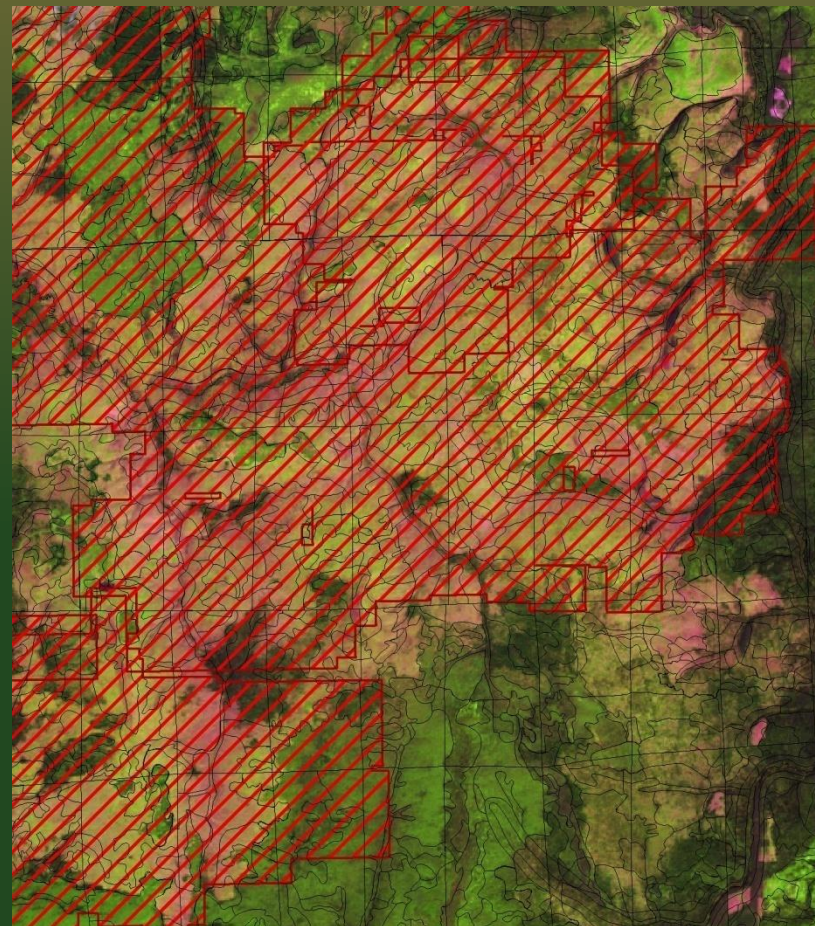


# Деструктивные факторы, оказавшие влияния на лесной покров за период 2000 – 2014 гг.

2004 г.



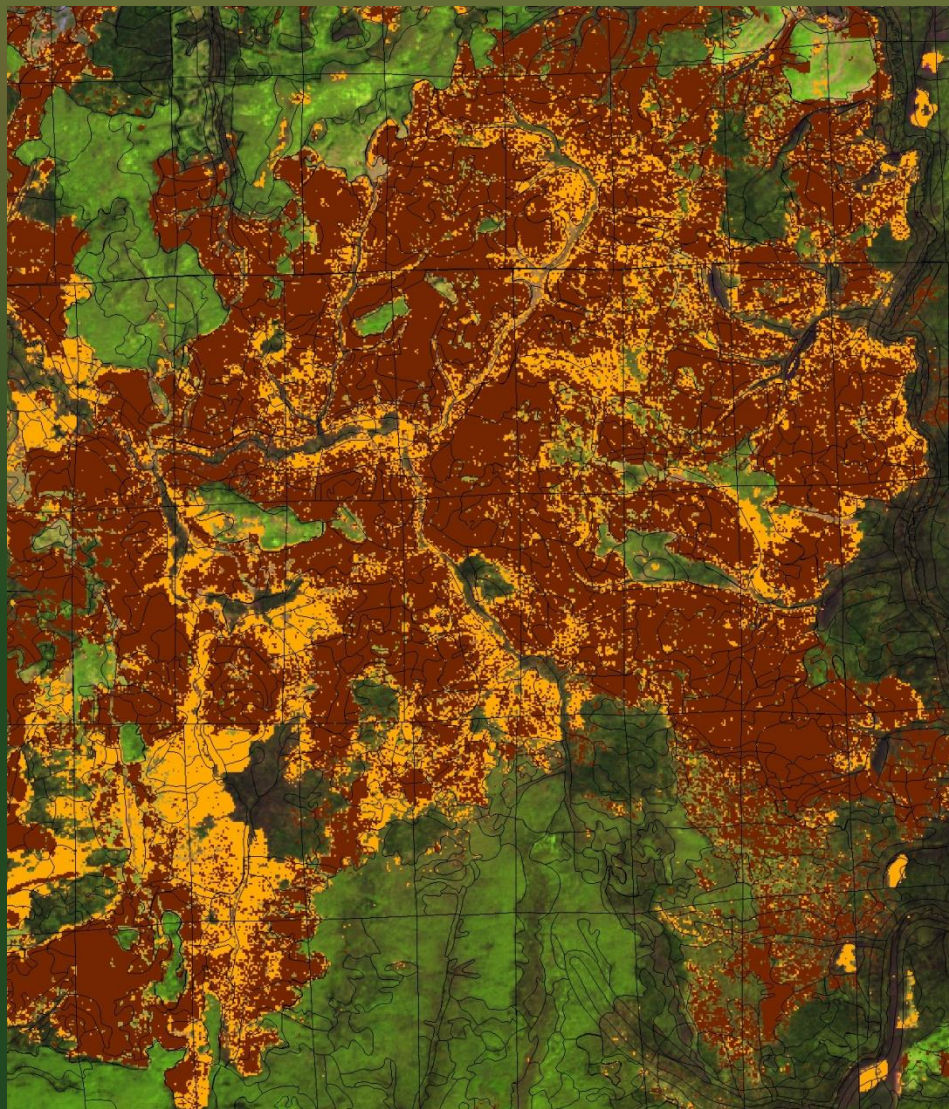
2011 г.



площадь, пройденная пожаром



# Динамика нарушенного лесного покрова по данным $\Delta SWVI$



В результате воздействия сибирского шелкопряда площадь погибших лесов в 2000 г. составила примерно **19,18** тыс. га.

В 2014 площадь погибших насаждений увеличилась до **20,16** тыс. га вследствие двух крупных пожаров в 2004 и 2011 гг.



# Выводы

1. В результате дистанционной оценки нарушенного, вследствие воздействия сибирского шелкопряда, состояния темнохвойных лесов Приангарья получены тренды индексов SWVI и NDVI, характеризующие многолетние изменения.
2. Наиболее информативным для оценки повреждения лесов сибирским шелкопрядом является коротковолновой вегетационный индекс SWVI, причем не только среднее значение, но и коэффициент вариации.
3. На основе разностных изображений индекса SWVI, полученных до и после повреждения древостоев, дана количественная оценка площади нарушенного лесного покрова.
4. При оценке многолетней динамики вегетационных индексов отмечается, что процесс лесовозобновления на территории шелкопрядника через 20 лет после повреждения лесов находится в начальной стадии, растительный покров неоднороден.
5. Существует высокая вероятность, обусловленная интенсивностью и частотой лесных пожаров, утраты в будущем возможности восстановления исходных темнохвойных лесов, т. к. площадь очага повреждения весьма значительна – около 20 тыс. га.



*Спасибо за внимание!*

*knsvetl@gmail.com*