



Корец Михаил Анатольевич  
*Mikhail Korets*

**Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН**  
*Sukachev Institute of Forest SB RAS*

Методы ГИС и ДЗ в задачах оценки  
состояния растительности

*GIS and remote sensing techniques to infer  
landscape vegetation patterns and  
processes*



**ФГУП «РОСЛЕСИНФОРГ», филиал «ВОСТСИБЛЕСПРОЕКТ»**  
*East Siberian Branch of State Forest Inventory*



## Что такое ГИС ?

ГИС – это компьютерная система, способная хранить и использовать данные, описывающие места на земной поверхности



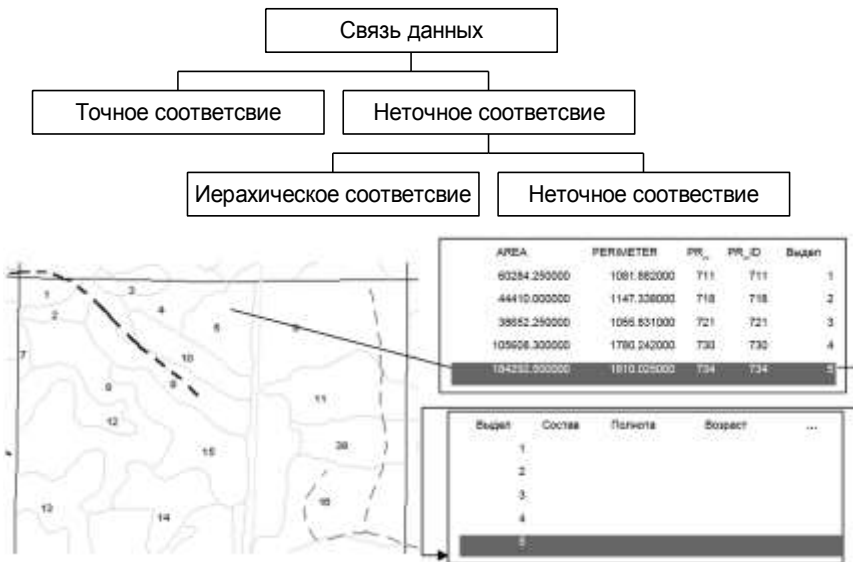
## Вопросы, на которые отвечает ГИС

1. Место *Что находится в ...?*
2. Условие *Где это находится?*
3. Тенденции *Что изменилось, начиная с ...?*
4. Структура *Какие пространственные структуры (распределения) существуют?*
5. Моделирование *Что, если...?*

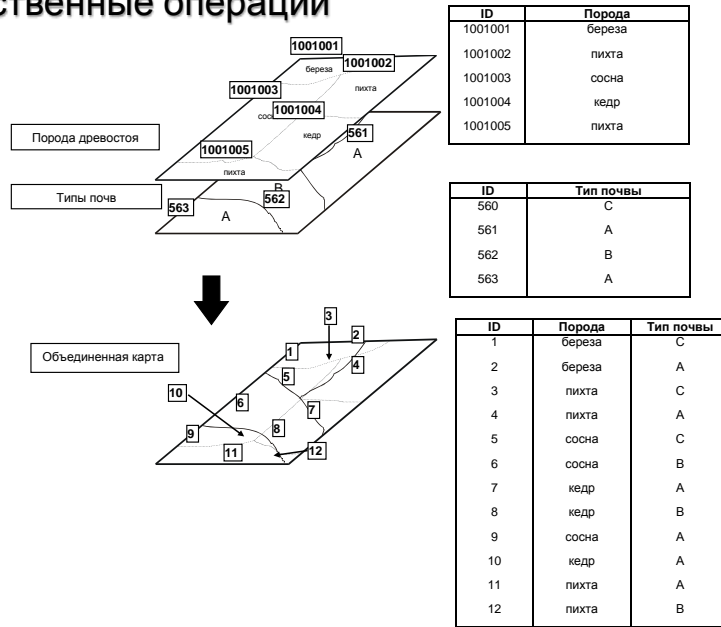
## Составные части ГИС



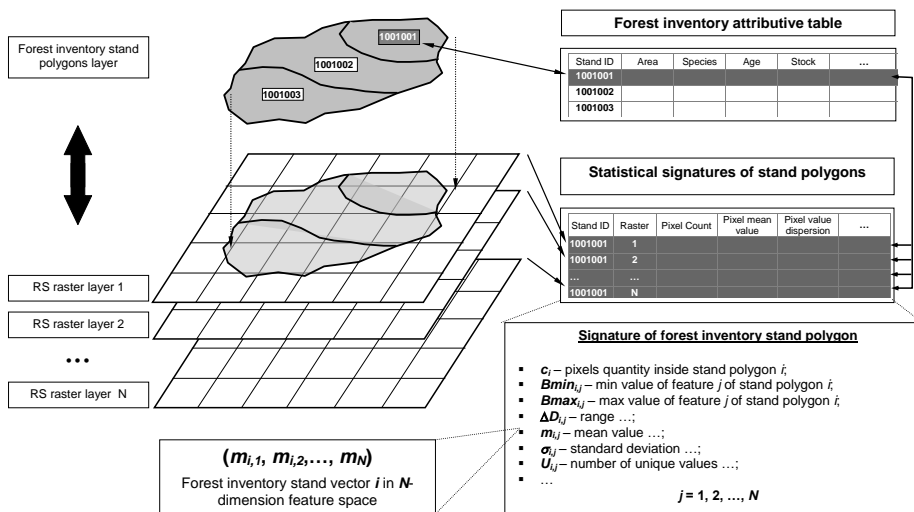
## Связь данных



## Пространственные операции

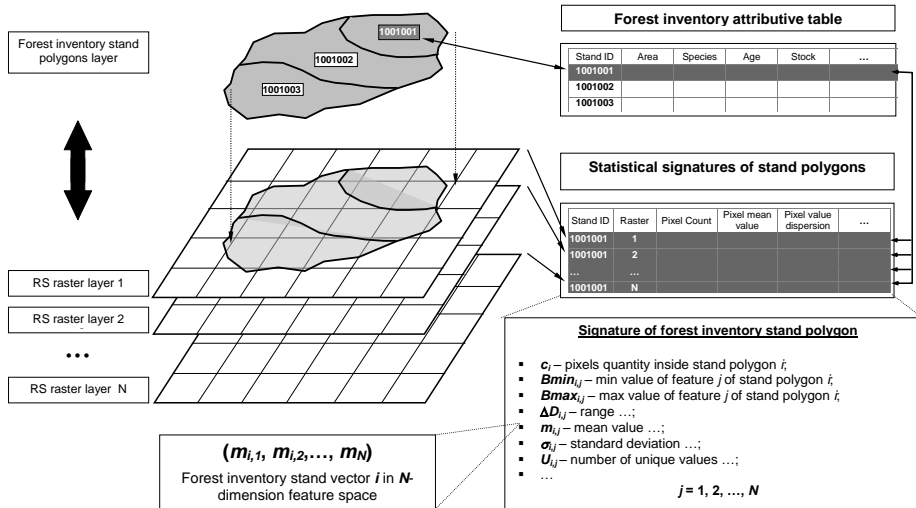


## Интеграция растровой и векторной информации в ГИС





## Forest inventory and RS data integration



21-22 March 2012, Moscow

Project Inauguration Meeting



## Основные направления применения ГИС и ДДЗ в лесопромышленном комплексе

1. Информационная поддержка фундаментальных и прикладных исследований: биосферная роль, экологические функции и биоразнообразие лесных экосистем; мониторинг состояния, рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов.
2. Разработка и совершенствование методов применения ГИС, данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для оценки и прогноза структуры и состояния лесных экосистем.
3. Проектирование и создание тематических ГИС.
4. Моделирование динамики лесов при изменении климата в прошлом и будущем

## Мониторинг лесных территорий на основе материалов космических съепок и крупномасштабной аэрофотосъемки



### Схема районов систематического мониторинга лесного фонда по Красноярскому краю



#### Зоны мониторинга

1. Интенсивной лесозаготовки
2. Геологоразведки и нефтедобычи
3. Поражения промвыбросами Норильского ГМК
4. Горнорудной промышленности
5. Затопления Богучанской ГЭС и сырьевой базы Богучанского ЛПК



## Система дистанционного мониторинга

### КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

### АЭРОФОТОСЪЕМКА

Технологическая  
схема системы  
дистанционного  
мониторинга



- Получение космических снимков
- Сравнение данных космических снимков с исходными данными лесхозов

✓ **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ**

- Получение аэрофотоснимков
- Дешифрирование данных аэрофотоснимков
- Интерпретация результатов

✓ **ПОДГОТОВКА ПЕРВИЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

**Контроль за состоянием лесного фонда**

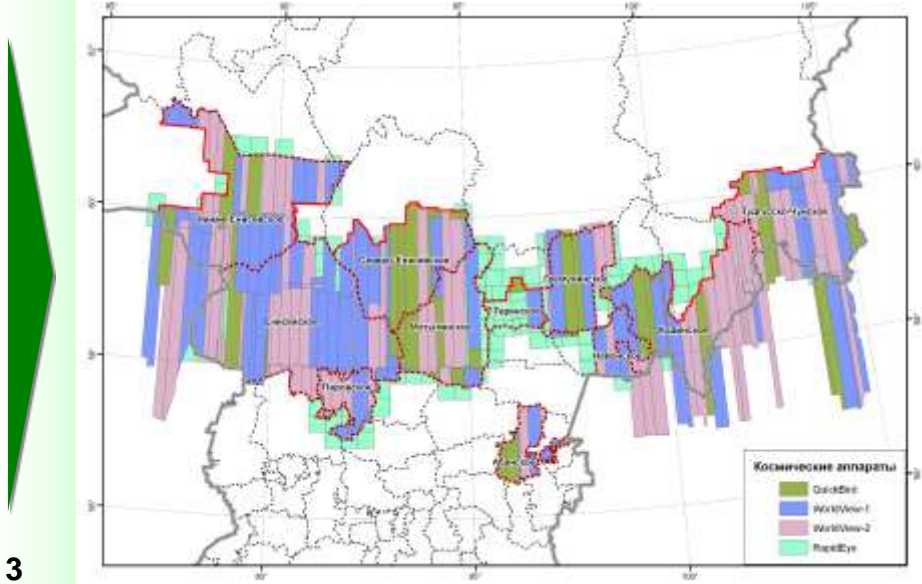


**Технологическая схема актуализации состояния лесного фонда на основе данных космической съемки**

1. Этап: Подготовительные работы
2. Этап: Получение, обработка, космических снимков
3. Этап: Закладка пробных и эталонных площадей
4. Этап: Дешифровочные работы
5. Этап: Подготовка отчетной документации



*Карта-схема покрытия объектов материалами космической съемки 2011г.*



13



*Примеры космической съемки разного пространственного разрешения*





**Снимки сверхвысокого разрешения могут использоваться для дешифровочных работ в рамках лесоустройства**



**Мониторинг использования лесов и выявление изменений в лесном фонде путем создания мультивременных композитов**



16

Красноярский край Невонское лесничество Невонское участковое лесничество  
Выявлены рубки за пределами отвода





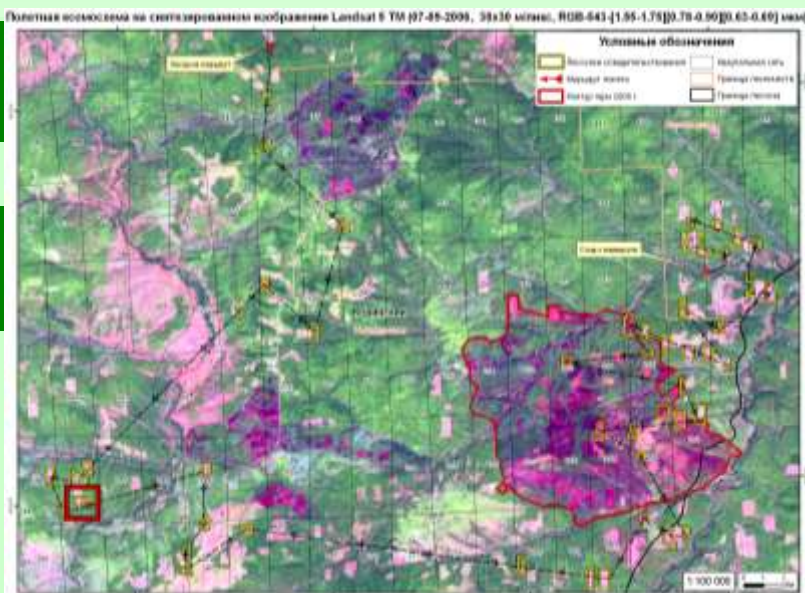
## Оценка состояния мест рубок в зоне интенсивной лесозаготовки



### Кодинский лесхоз Полетная схема. Распределение мест рубок. Гари 2006 г.

Съемка  
07.09.2006  
Landsat 5 TM

Каналы RGB:  
мкм  
5) 1.55-1.75 (СИК)  
4) 0.78-0.90 (БИК)  
3) 0.63-0.69 (Крас.)







## Применение цифровой фотосъемки



### Съемка камерой Canon EOS 5D

Матрица 35,8 x 23,9 мм, 12.8 Мпикс

Фокусное расстояние объектива - 50 мм. Высота фотографирования - 500 м

Цифровой аэрофотосъемочный комплекс «PhotoLite»





## Съемка камерой Canon EOS 20D

Матрица 22,5 x 15,0 мм, 8.5 Мпикс

Фокусное расстояние объектива - 18 мм. Высота фотографирования - 750 м

Цифровой аэрофотосъемочный комплекс «PhotoLite»



## Дешифрирование лесосек по категориям площадей

(дата освидетельствования 08.07.2007г.)

Съемка  
08.07.2007  
Canon EOS  
20D



Обозначение категорий площадей

1. Буксировочные вырубные в пределах участка
2. Рубка за пределами участка
3. Недоруб комбинированная
4. Недоруб курчавый
5. Недоруб расчисточный
6. Уничтожение самовыжженных (калосурьма)
7. Уничтожение подорога





### **Кодинский лесхоз**

*Лесосека на снимках разных датчиков  
(космосъемка Landsat 5 TM, аэрофотосъемка АФА 41/7.5  
и цифровая камера Canon EOS 5D)*

**Съемка  
07.09.2006  
Landsat 5 TM**



**Съемка  
04.07.2007  
АФС  
Панхром**



**Съемка  
04.07.2007  
Canon EOS  
5D**



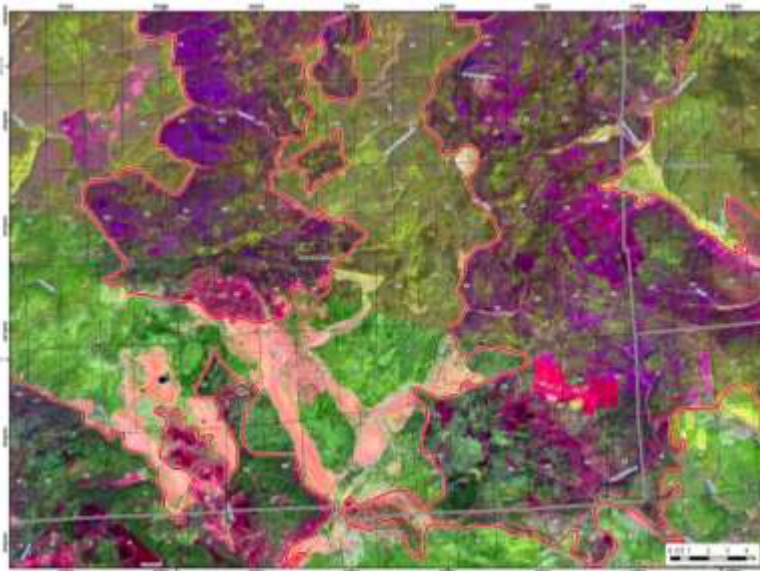
***Дешифрирование контуров и  
определение площадей погибших  
насаждений***



## Гари 2006 г. в Кодинском лесничестве

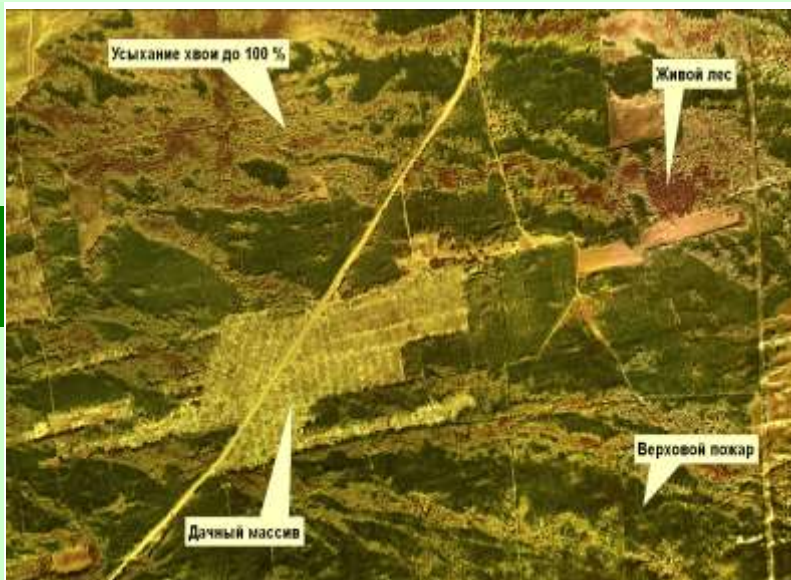
Съемка  
07.09.2006  
Landsat 5 TM

Каналы RGB:  
МКМ  
5) 1.55-1.75 (СИК)  
4) 0.78-0.90 (БИК)  
3) 0.63-0.69 (Крас.)



## Поражение лесонасаждений и дачного посёлка лесным пожаром в мае 2007 года

Съемка  
АФА 41/7.5  
2007 г.

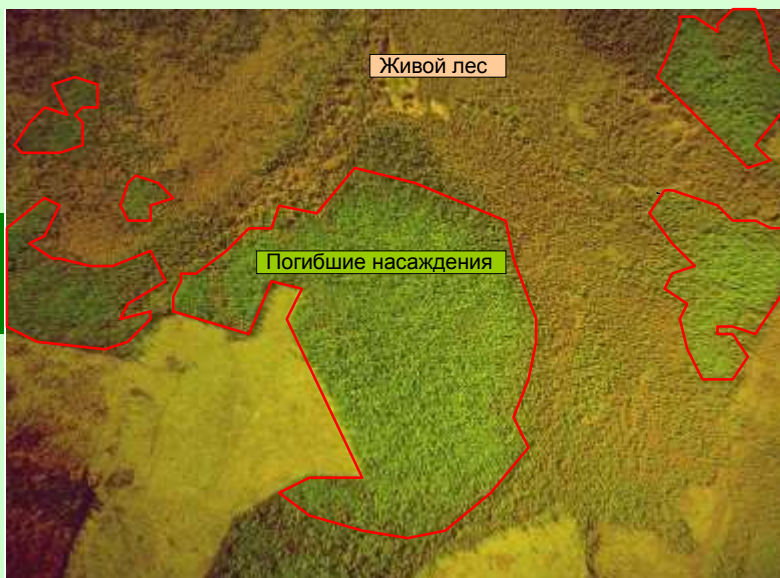






## Поражение лесонасаждений сибирским шелкопрядом в Усольском лесничестве

Съемка  
АФА 41/7.5  
1996 г.



**Контроль отвода земель лесного фонда в зонах геологоразведки и добычи полезных ископаемых**



## **ЗАО ЗК «Полюс»**

Съемка  
ДФА 42/20  
2001 г.



**Оценка состояния зон  
затопления ГЭС**



## *Аварийная древесина по берегам водохранилищ*

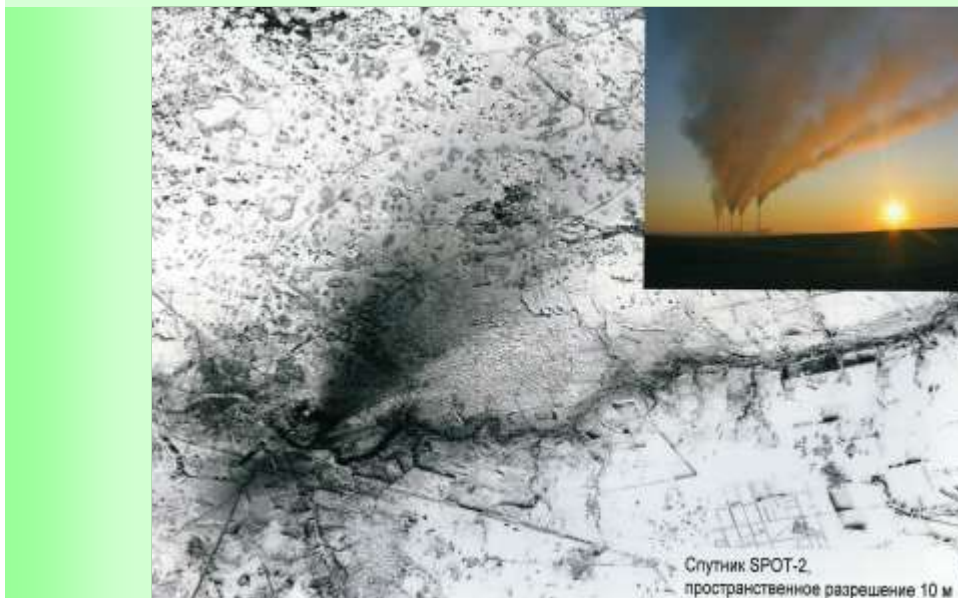
**Съемка  
БАФ 40  
1991 г.**



## ***Оценка экологического состояния территорий***

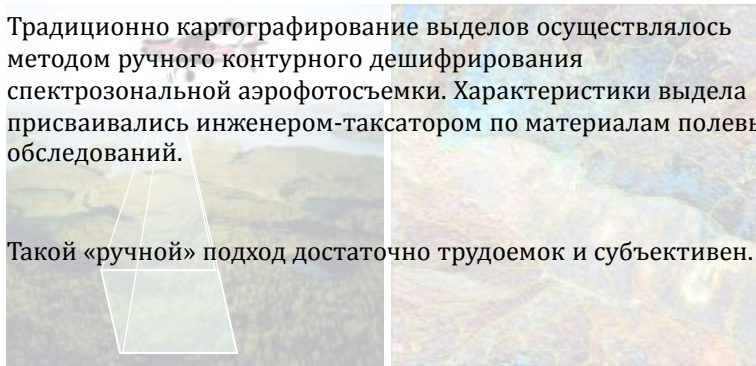


## Влияние промвыбросов на экологическое состояние территорий



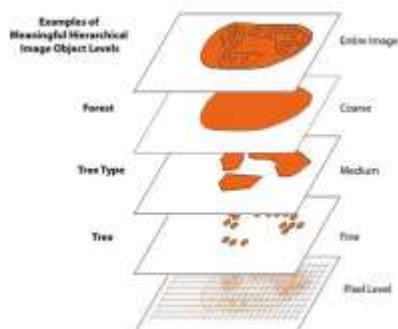
### Традиционная методика ЛУ

- В соответствии с инструкцией проведения лесоустройства, лесотаксационный выдел является базовым элементом лесоустройства и определяется, как относительно однородный участок леса по породному составу и лесорастительным условиям, включая преобладающую крутизну и экспозицию склона ... (Минаева 1995).
- Традиционно картографирование выделов осуществлялось методом ручного контурного дешифрирования спектральной аэрофотосъемки. Характеристики выдела присваивались инженером-таксатором по материалам полевых обследований.
- Такой «ручной» подход достаточно трудоемок и субъективен.



## Гео-объектноориентированный анализ изображений (GEOBIA)

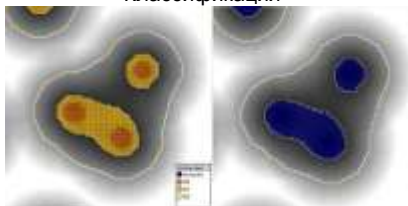
- Инкапсуляция признаков
- Наследование признаков
- Иерархия классов
- Иерархия объектов



Сегментация

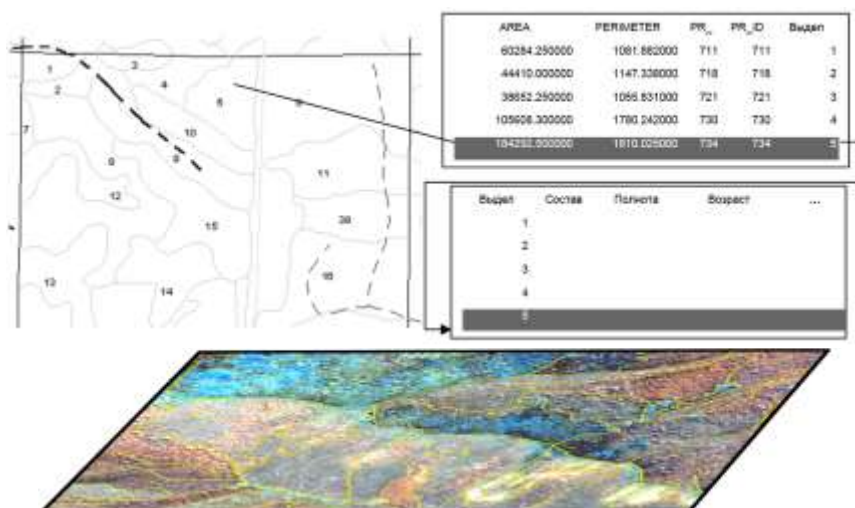


Классификация



## Лесоустроительный выдел

Площадь выдела 3 – 150 га





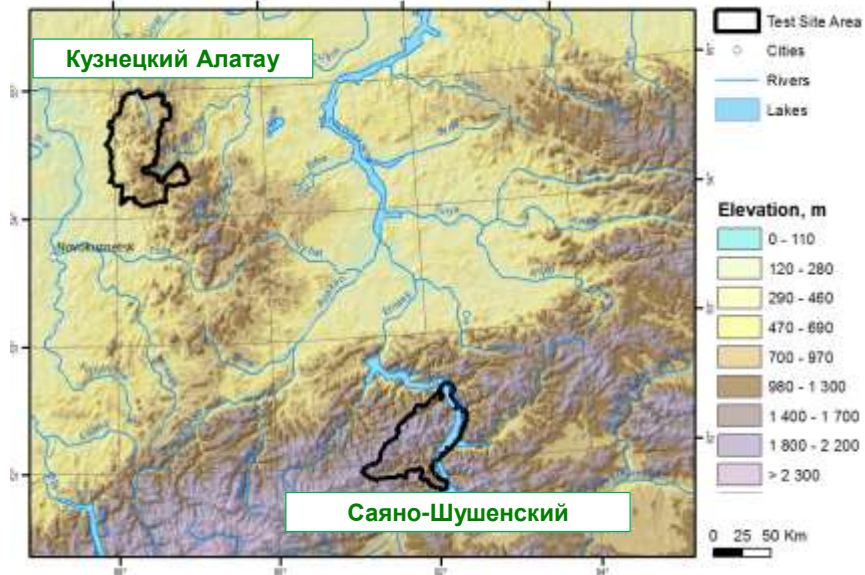


## ДДЗ высокого разрешения

RAPIDEYE, WORLDVIEW 1/2, QUICKBIRD



## Тестовые территории (~800 000 га)





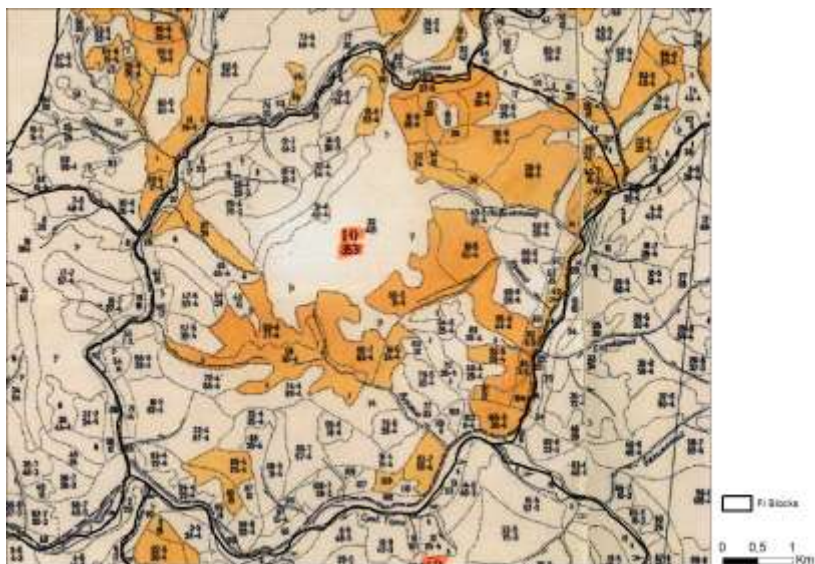
## Используемые данные

- ASTER GDEM2 - растровая цифровая модель рельефа (ЦМР) местности <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>
- RAPIDEYE спутниковая съемка 2013 - 5 спектральных каналов (Ortho Products, Level 3A) <http://blackbridge.com/rapideye/products/ortho.htm>
- **Карты предыдущего лесоустройства 1990** (растровые копии М 1:25000)
- **Полевые данные 2013** (выборочная таксация)

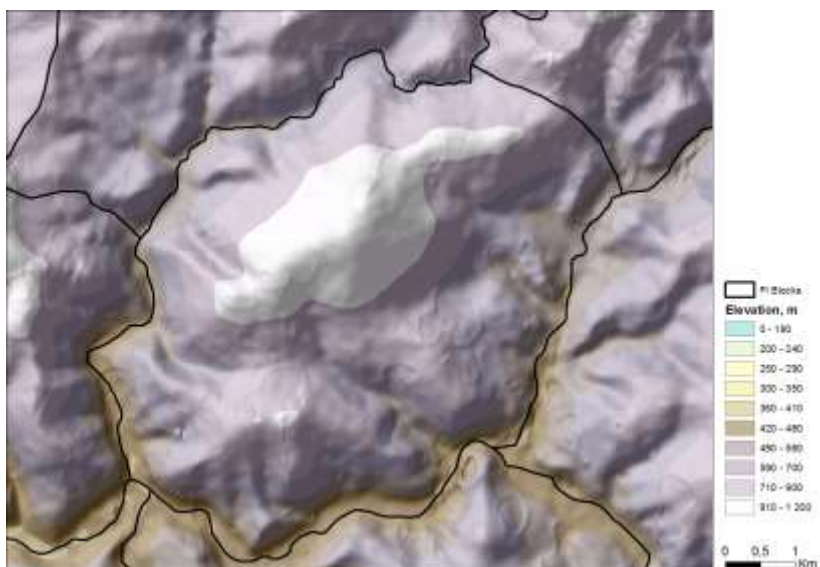
## Программное обеспечение

- eCognition Developer 8.7 – 1 лицензия
- ArcGIS 10.2 (ArcInfo) – 10 лицензий

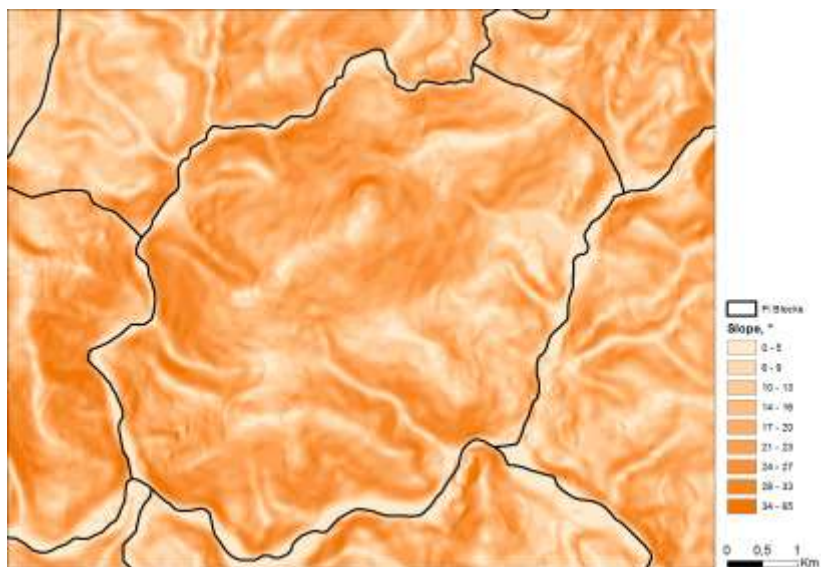
## Карты предыдущего лесоустройства



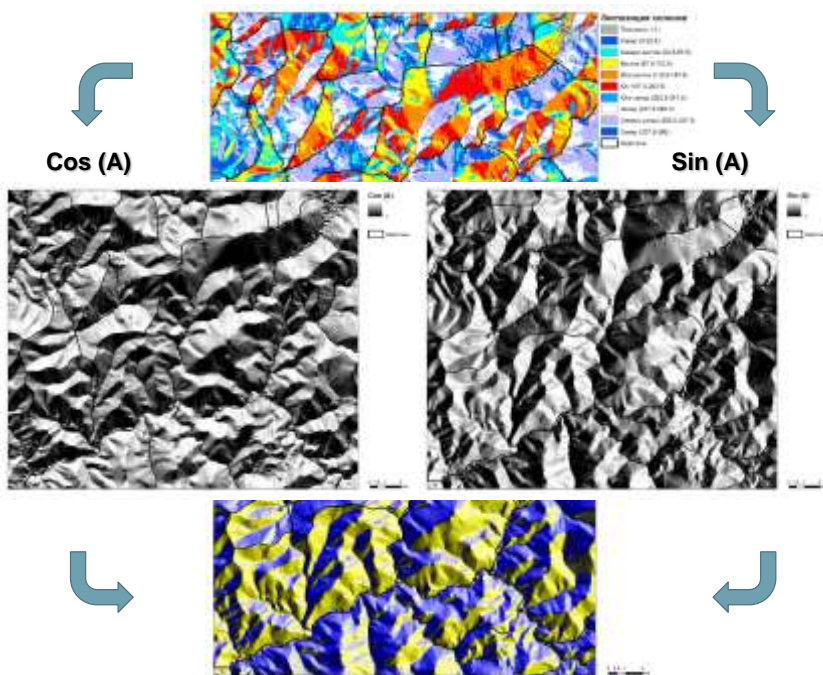
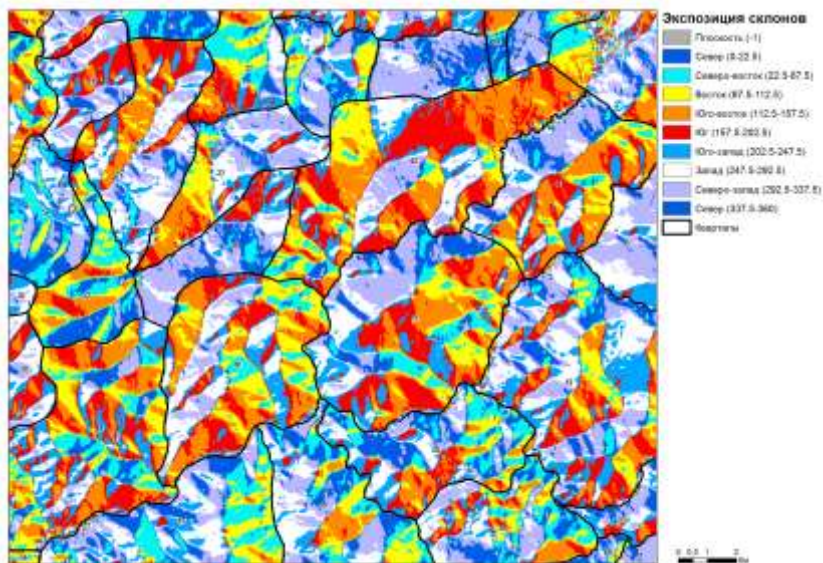
## ЦМР-композит (высота н.у.м., м)



## ЦМР-композит (крутизна склонов, гр.)

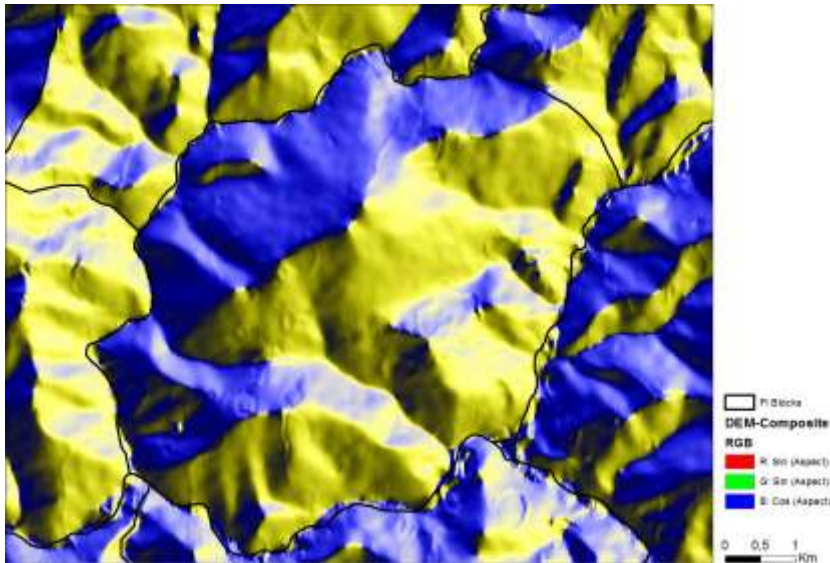


## ЦМР-композит (ЭКСПОЗИЦИЯ СКЛОНОВ)

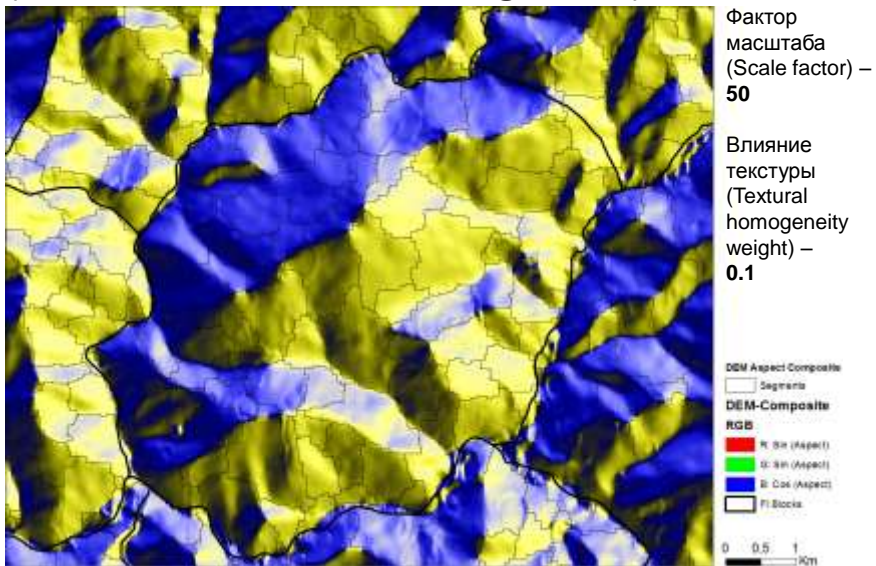




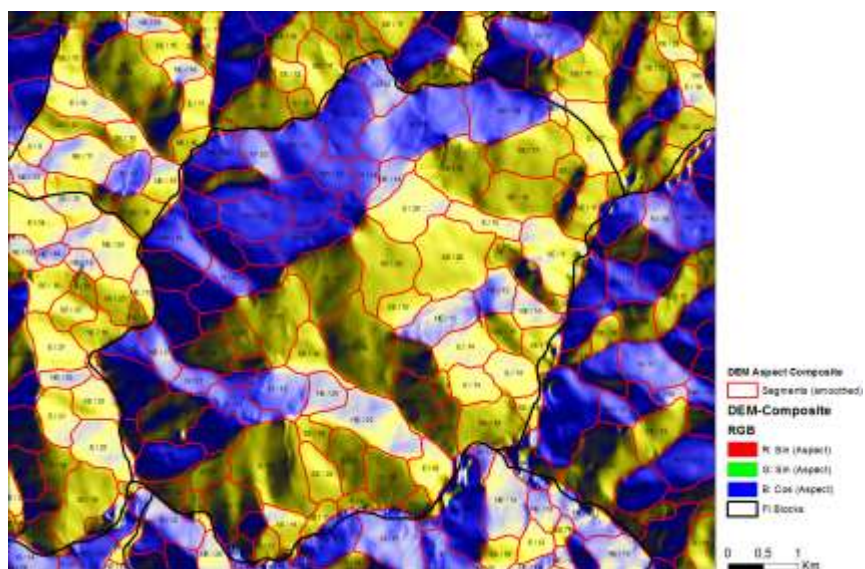
## ЦМР-композит (Cos (Aspect), Sin (Aspect))



## Сегментация ЦМР-композита (Метод «Multiresolution» в eCognition 8)



## Сегментация ЦМР-композиита (сглаженная)

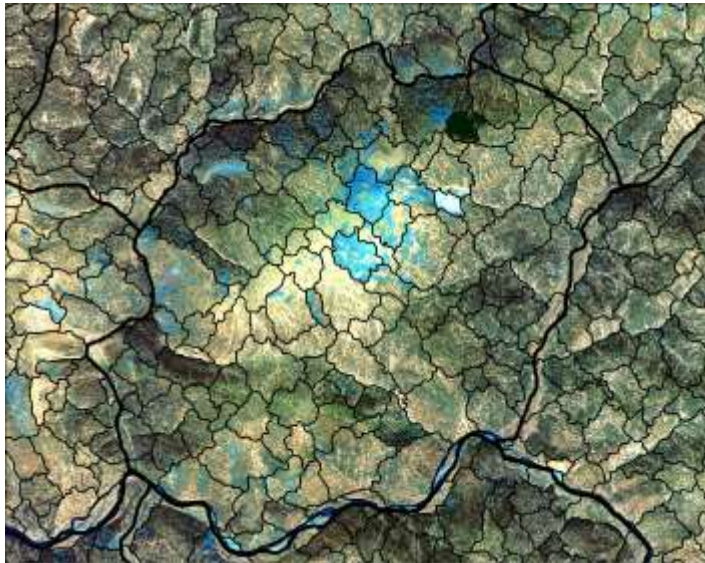


## Съемка RapidEye (нормализованная мозаика, 5 спектральных каналов)





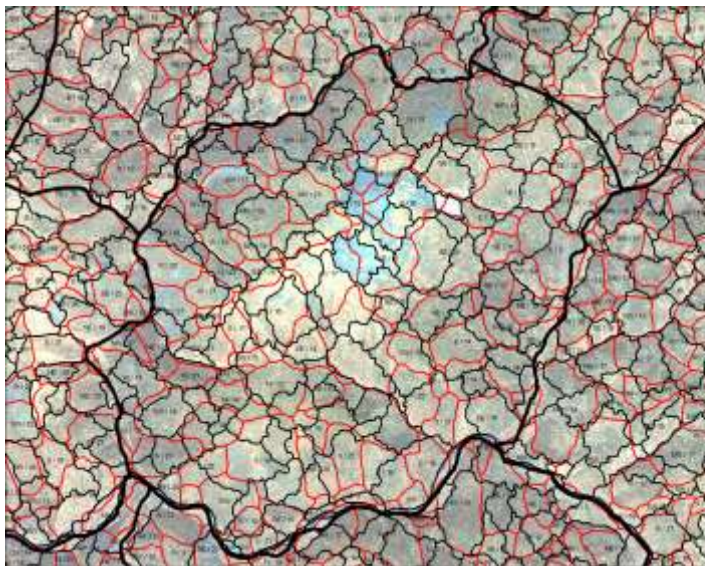
## Съемка RapidEye (сегментация «Multiresolution» в eCognition)



Фактор  
масштаба  
(Scale factor) –  
**20**

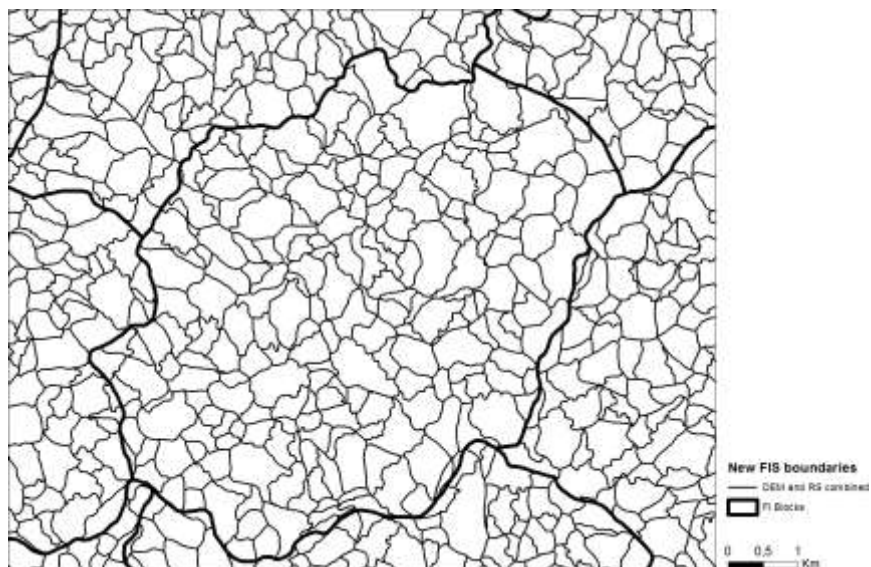
Влияние  
текстуры  
(Textural  
homogeneity  
weight) –  
**0.4**

## Объединение выделов на основе ЦМР и ДЗ

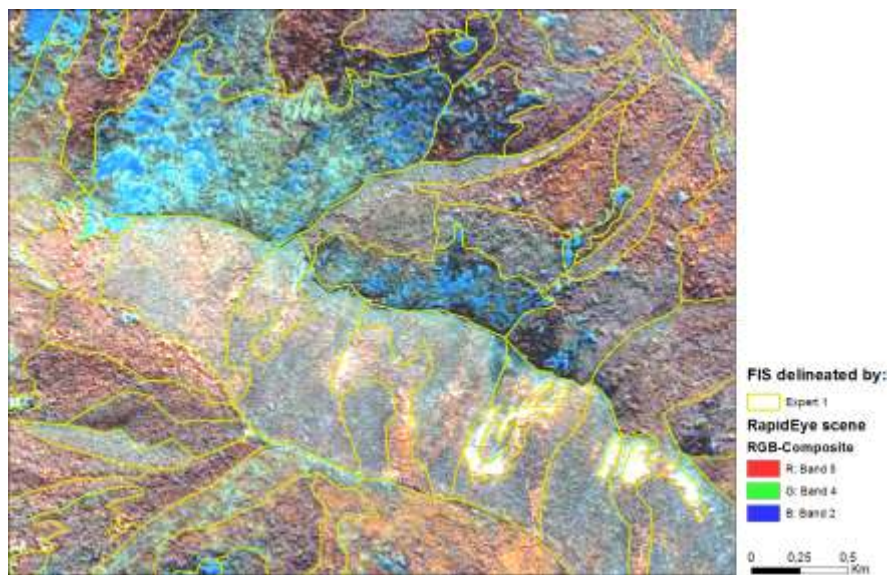




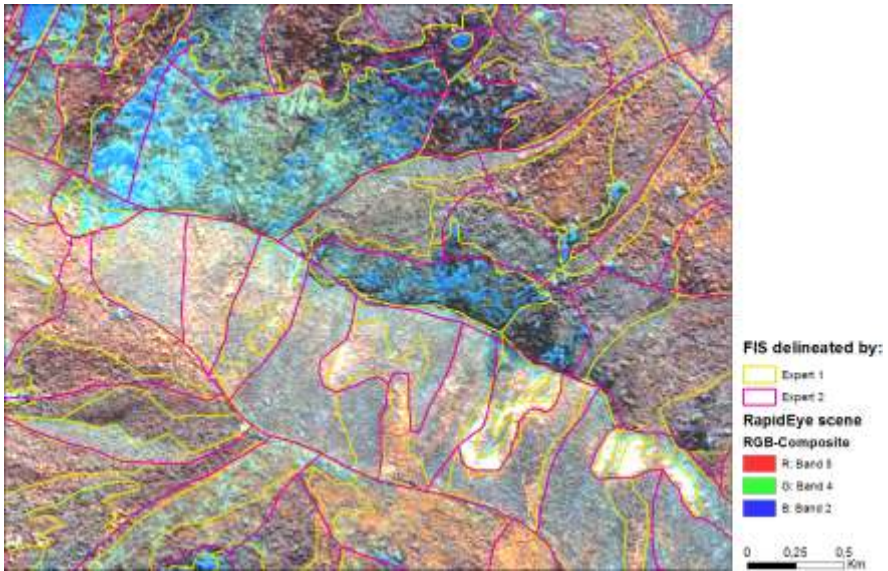
## Фильтрация выделов (ЦМР- и ДЗ)



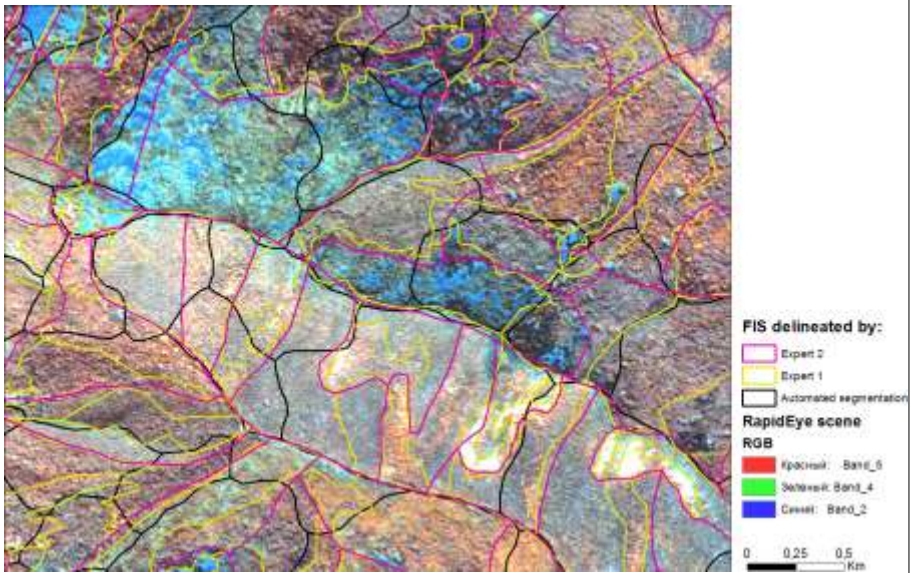
## Контурное дешифрирование (Таксатор 1)



## Контурное дешифрирование (Таксатор 1 и 2)

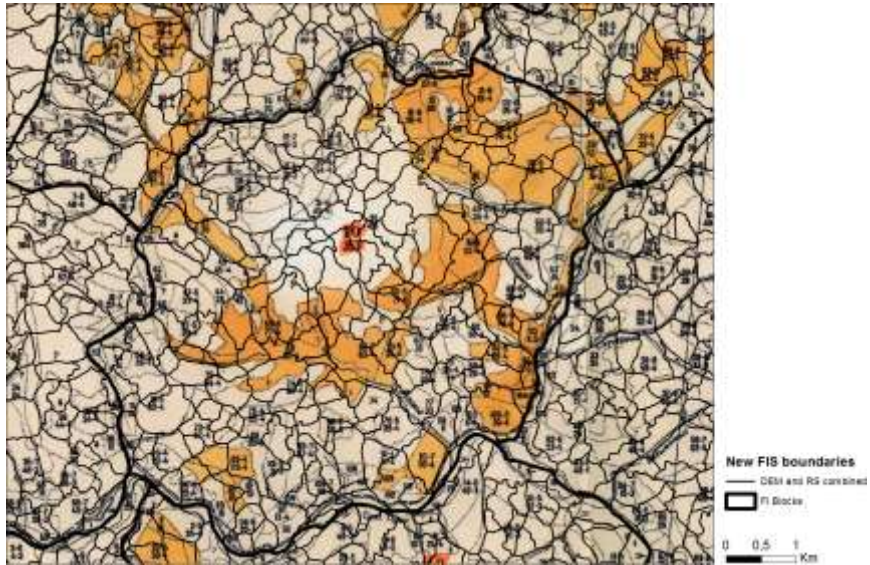


## Контурное дешифрирование (Таксатор 1, 2 и eCog.)

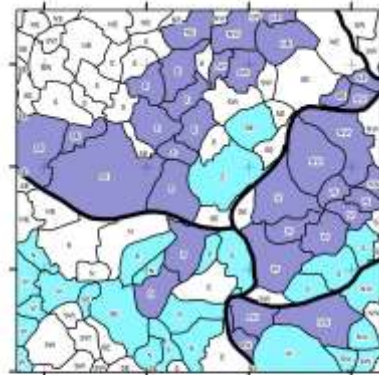
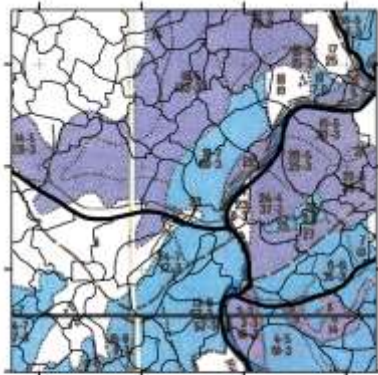




## Управляемая классификация выделов (обучение на основе данных ЛУ)



## Управляемая классификация выделов



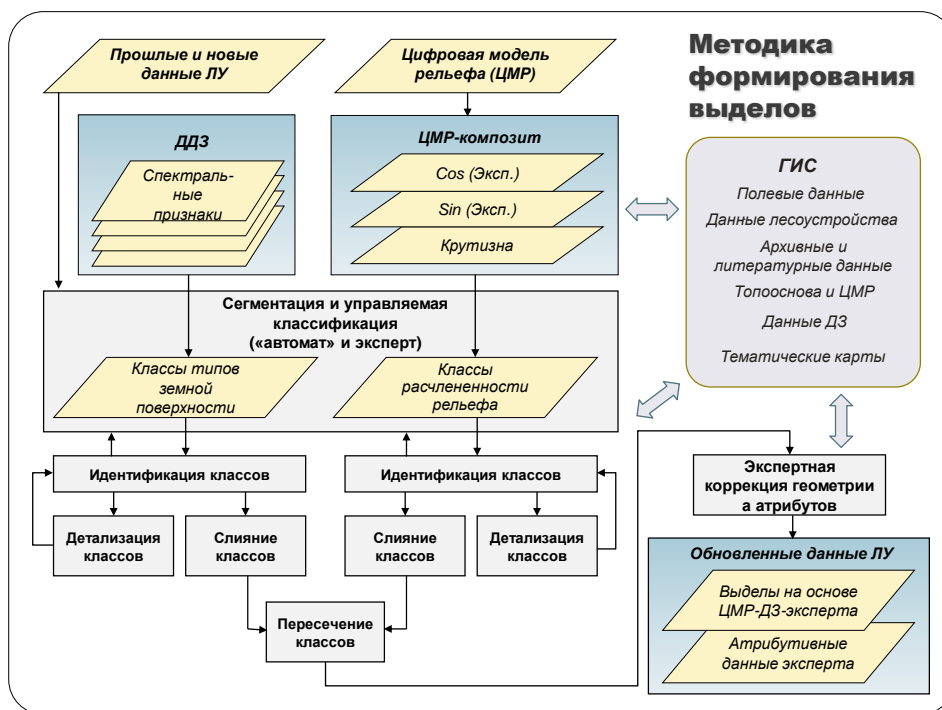
## Оценка качества классификации

Матрица (не) соответствия (Confusion matrix)  
(взаимное распределение площадей классов «автомата» и эталона в %)

Класс		«Автомат»		
		Береза	Пихта	Проголины
Эталон	Береза	68	8	24
	Пихта	11	76	13
	Проголины	14	12	74

Статистика соответствия по центральным точкам выделов

Класс	Кол-во эталонов	Кол-во совпадений	Совпадения, %	Карра
Береза	55	48	87,27%	0,8212
Пихта	68	59	86,76%	0,8435
Проголины	127	99	77,95%	0,7371
Всего	250	174	69,60%	0.8133



## Автоматизированное формирование эталонных выборок на основе данных ЛУ и ДЗ

- FI polygons buffer zone removal



- FI polygons size (area) and shape filtering

$$c_i > C_{min}, \quad \sqrt{S_i} / P_i > V_{min}$$

$c_i$  – number of pixels inside FI polygon  $i$   
 $S_i$  – FI polygon area  
 $P_i$  – FI polygon perimeter



- FI polygons signature calculation on RS data



- FI polygons spatial homogeneity analysis and classification

$\sigma_{i,j}$  – FI polygons classification based on RS future standard deviation classification  
 FI polygons separation of high and low spatial homogeneity



- FI polygons feature space homogeneity analysis

$\omega_k$ , ( $k = 1, \dots, M$ ),  $M$  – number of species with high species coefficient and relative density values

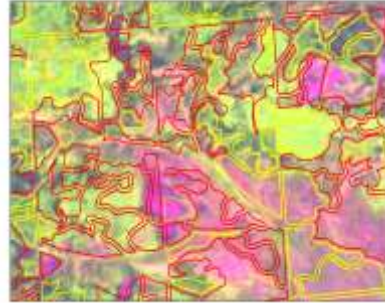


- FI polygons feature space class homogeneity filtering

Filtering procedure based on future space distances assessment from polygons coordinates ( $m_{i,j}^k$ ) in RS future space to the species class centers ( $M_{j,k}$ ):  $d_{i,j}^k = |M_{j,k} - m_{i,j}^k|$ ,  $i=1, \dots, N^k$ , where  $N^k$  – number of polygons in class  $k$



- FI stand polygons need to be updated
- FI stand polygons with high accuracy which are adequate for calibration and validation

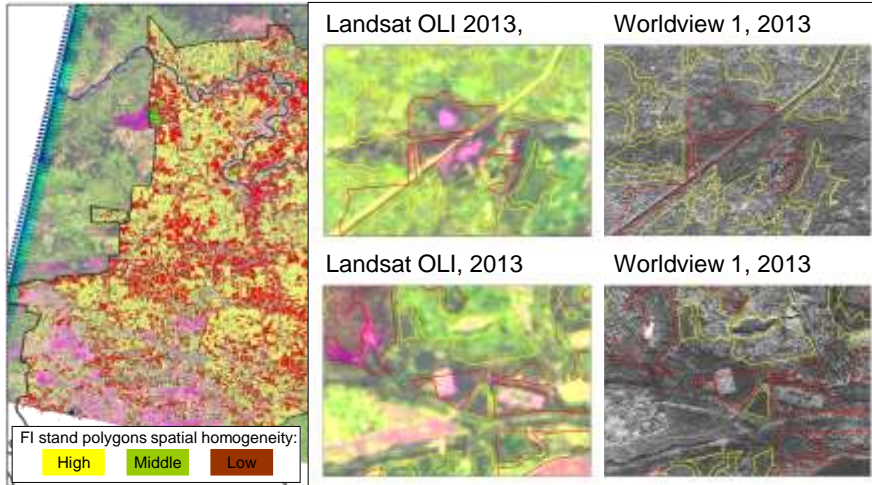


FI stand polygons spatial homogeneity:



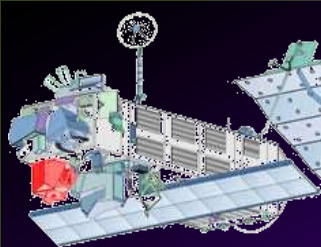
## Автоматизированное формирование эталонных выборок на основе данных ЛУ и ДЗ

Сравнительный анализ данных ЛУ (2009) и ДЗ (Landsat and WorldView, 2013)



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ENVISAT MERIS ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

## ENVISAT MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer)



Спутник ENVISAT



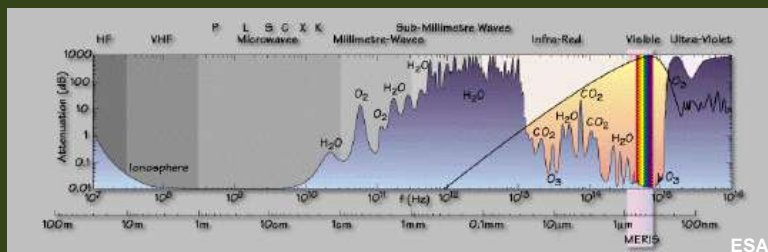
Инструмент  
MERIS

ESA



# ENVISAT MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer)

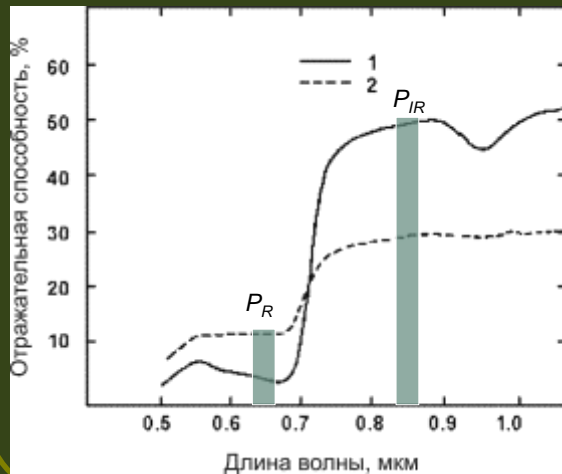
- рабочий диапазон: 390-1040 нм;
- число спектральных диапазонов: 15;
- пространственное разрешение в надире: 300 или 1200 м;
- радиометрическое разрешение: 4096 уровней (12 bit);
- ширина полосы обзора: 1150 км;
- периодичность полного просмотра поверхности Земли: 3 суток.



## Спектральные каналы MERIS

Номер канала	Центр канала, нм	Ширина канала, нм	Основное применение
1	412.5	10	Анализ желтого вещества, мутности вод
2	442.5	10	Максимум поглощения хлорофилла
3	490	10	Анализ содержания хлорофилла, других пигментов
4	510	10	Анализ мутности воды, взвешенного осадка, исследования красного течения
5	560	10	Минимум поглощения хлорофилла
6	620	10	Взвешенный осадок
7	665	10	Анализ поглощения хлорофилла
8	681.25	7.5	Флуоресценция хлорофилла
9	708.75	10	Атмосферная коррекция, красная граница
10	753.75	7.5	Анализ растительности, облаков
11	760.625	3.75	R-ветвь поглощения кислорода
12	778.75	15	Анализ атмосферных аэрозолей, растительности
13	865	20	Коррекция аэрозолей над океаном, изучение растительности
14	885	10	Атмосферная коррекция
15	900	10	Поглощение водяным паром, изучение растительности

## Использование зональных отношений (вегетационные индексы)

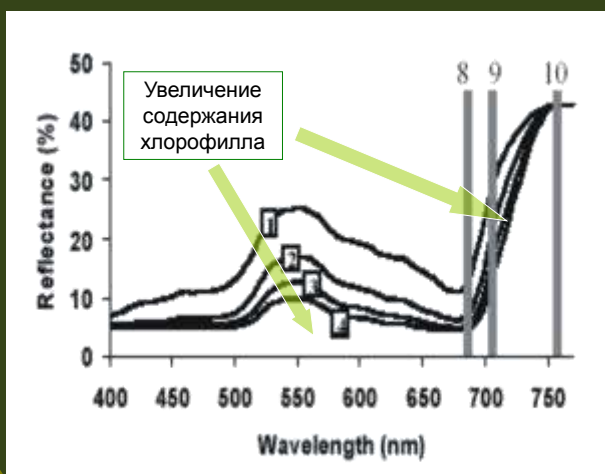


- 1 – здоровая растительность
- 2 – поврежденная растительность

$$NDVI = \frac{P_{IR} - P_R}{P_{IR} + P_R}$$

(П. Кронберг, 1998)

## REP (Red Edge Position) - положение красной границы зоны поглощения хлорофилла



- При увеличении содержания хлорофилла происходит смещение красной границы зоны поглощения вправо
- Спектральные каналы 8, 9 и 10 спектрометра MERIS пересекают зону REP

(J. Dash, Paul J. Curran, 2004)

## MTCI vs. REP

- REP по данным MERIS:

$$REP(MERIS) = 708.75 + 45 \frac{(R_i(MERIS) - R_{Band9})}{(R_{Band10} - R_{Band9})}$$

$$R_i(MERIS) = \frac{(R_{Band7} + R_{Band12})}{2}$$

- MTCI (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index):

$$MTCI = \frac{R_{Band10} - R_{Band9}}{R_{Band9} - R_{Band8}}$$

## Район Нижнего Приангарья



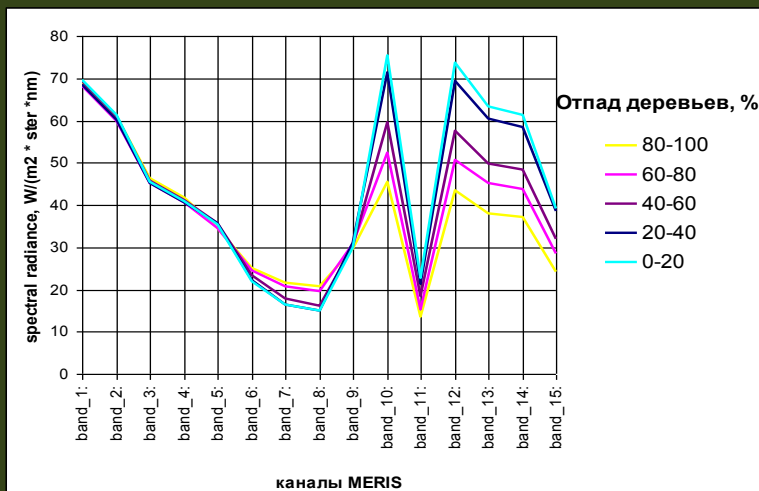
## Гари Нижнего Приангарья на изображениях MERIS



MERIS 2003/08/21

■ Ключевые участки 2004 г.  
■ Ключевые участки 2003 г.

## Спектральные профили растительного покрова с разной степенью отпада деревьев, построенные по стандартным каналам MERIS

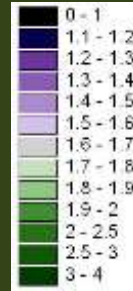




## Использование МТСІ для картирования состояния растительности

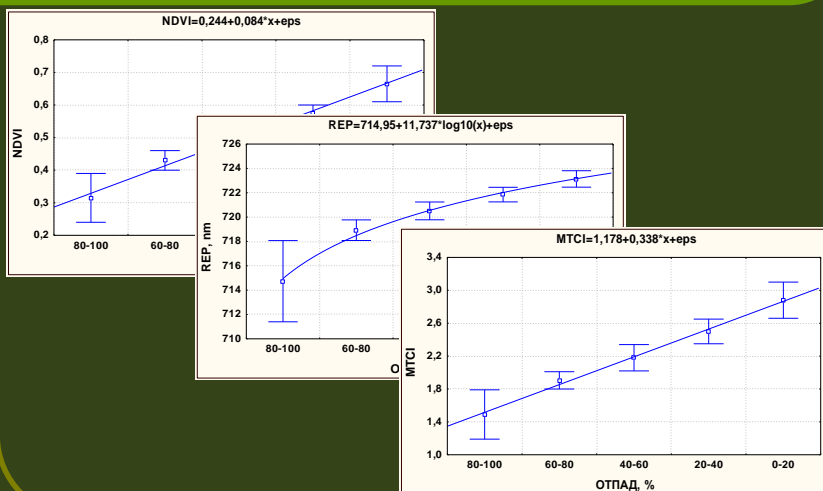


МТСІ (2003/08/21)

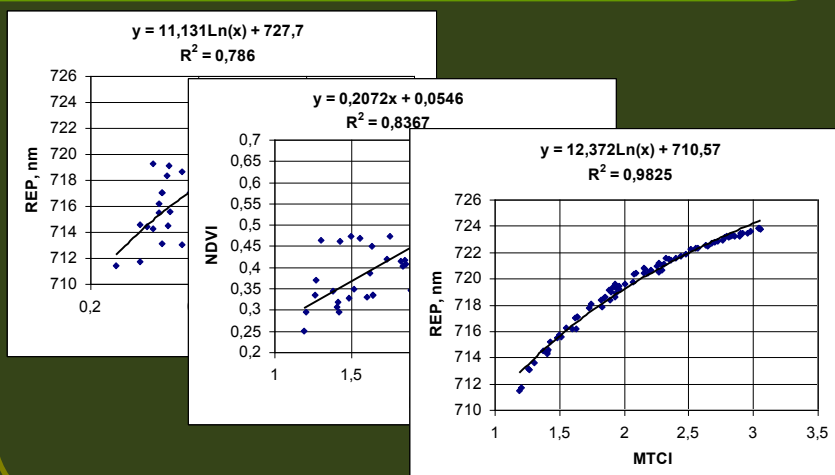


— Климатная область 2004 г.  
— Климатная область 2002 г.

## Связь отпада на гарях с NDVI, REP и МТСІ



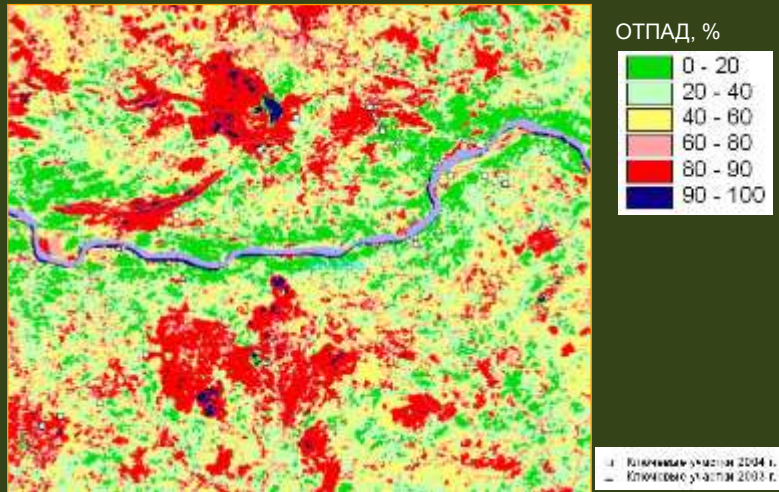
## Связь NDVI, REP и МТСИ



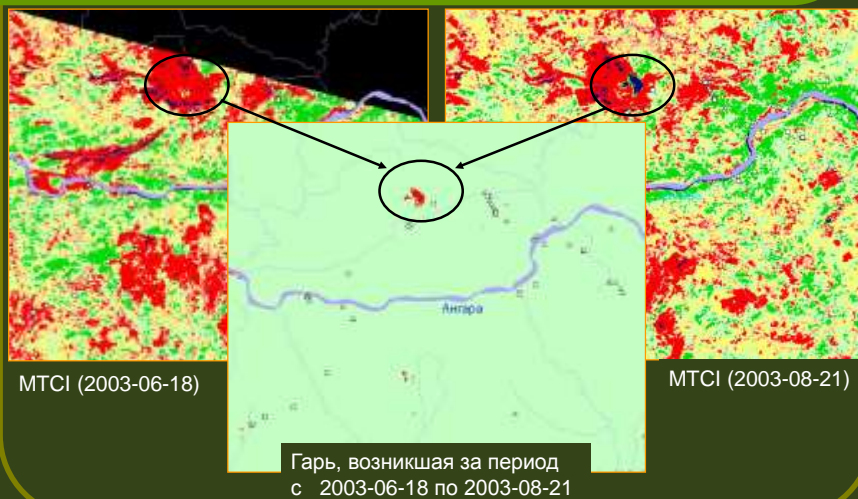
## Значения NDVI, МТСИ и REP, соответствующие разной степени отпада деревьев

Отпад, %	NDVI	МТСИ	REP, нм
80 – 100	0,24 – 0,39	1,19 – 1,79	711,40 – 718,07
60 – 80	0,40 – 0,46	1,80 – 2,01	718,08 – 719,77
40 – 60	0,47 – 0,54	2,02 – 2,34	719,78 – 721,24
20 – 40	0,55 – 0,60	2,35 – 2,65	721,25 – 722,45
0 – 20	0,61 – 0,72	2,66 – 3,10	722,46 – 723,81

## Оценка степени нарушенности лесного покрова по МТСИ



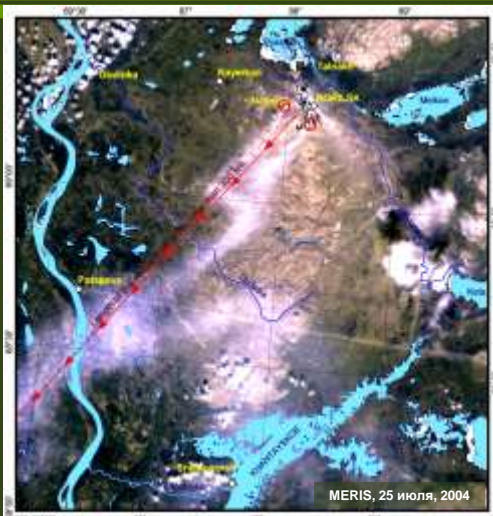
## Детектирование новых гарей



## Район Норильска



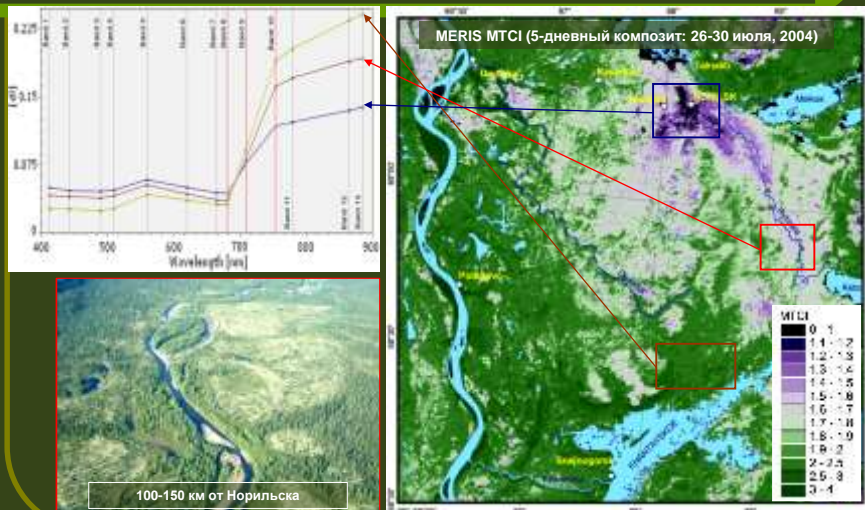
Использование данных ENVIST MERIS для оценки степени нарушенности растительности выбросами промышленных предприятий



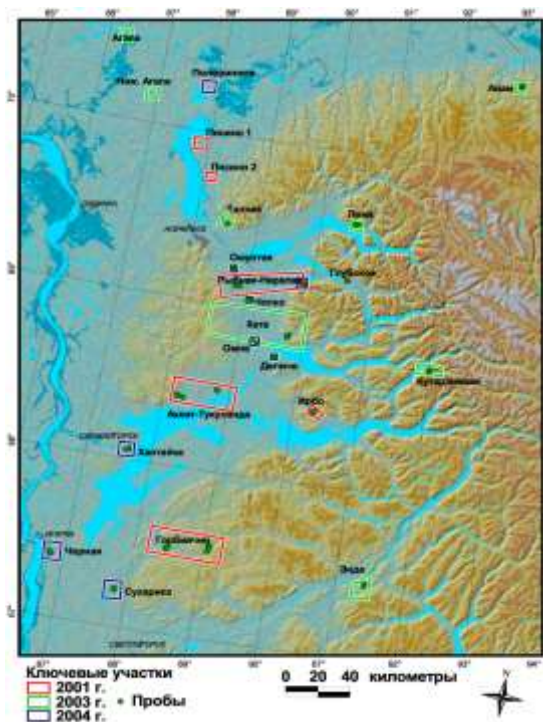
- RGB-композиты (полученные на основе спектральных каналов 1-7 видимого диапазона) с широким охватом в коротковолновой (синей) области спектра позволяют оценить длину и характер распространения дымового шлейфа



Использование данных ENVIST MERIS для оценки степени нарушенности растительности выбросами промышленных предприятий



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ  
КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ  
СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО  
ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»**

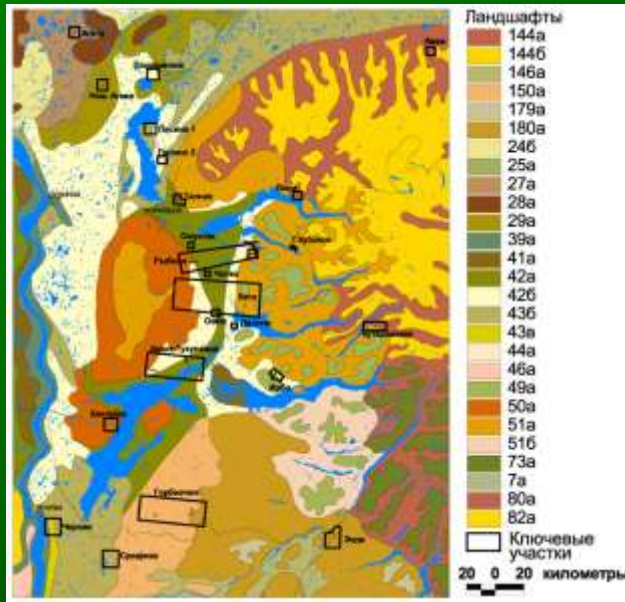


## Схема расположения ключевых участков

### Основные задачи:

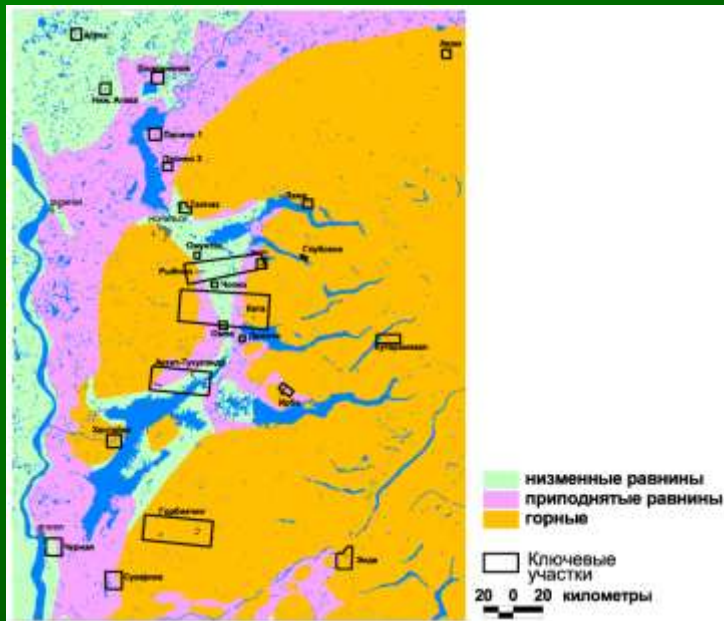
1. Систематизация условий местопроизрастания растительного покрова изучаемой территории для комплексной оценки состояния наземных экосистем.
2. Формирование базы данных ГИС на основе фондовых, литературных и полевых материалов.
3. Комплексная оценка состояния природных систем: определение методических подходов и выбор оценочных критериев
4. Оценка состояния растительного покрова по компонентам: древостой, подрост, подлесок, напочвенный покров
5. Картографирование и зонирование территории по степени нарушенности растительного покрова

**Фрагмент ландшафтной карты СССР М 1: 2 500 000** (под редакцией И.С. Гудилина, 1987 год)



Тип ландшафта	Геоморфологический комплекс	Абсолютная высота, м	Уклон поверхности, град.
Лесотундровые низменные равнины	Поймы, низкие террасы равнинных рек и озер	30-60	0
	Высокие речные террасы и междуречья	60-100	0-1 1-2
Тундрово-лесные приподнятые равнины	Поймы, низкие террасы равнинных рек и озер	30-80	2-3 3-8
	Высокие речные террасы и склоны междуречий	80-150	8-15
	Плакоры междуречий	150-200	> 15
Тундрово-редколесные низкогорья	Поймы, низкие террасы горных рек и озер, ложбины стока	Менее 150	0 0-1 1-3 3-8 8-15 > 15
	Высокие террасы горных рек и озер		
	Горные шлейфы, низкогорные террасы	150-250	
	Средневысокие горные террасы	250-350	
Редколесно-таежные низкогорья	Поймы, низкие террасы горных рек и озер, ложбины стока	Менее 150	0 0-1 1-3 3-8 8-15 > 15
	Высокие террасы горных рек и озер		
	Горные шлейфы, низкогорные террасы	150-250	
	Средневысокие горные террасы	250-400	
	Высокие и средневысокие горные террасы (верхняя граница леса)	Более 350	

## Геоморфологические комплексы



## Построение цифровой модели рельефа ЦМР

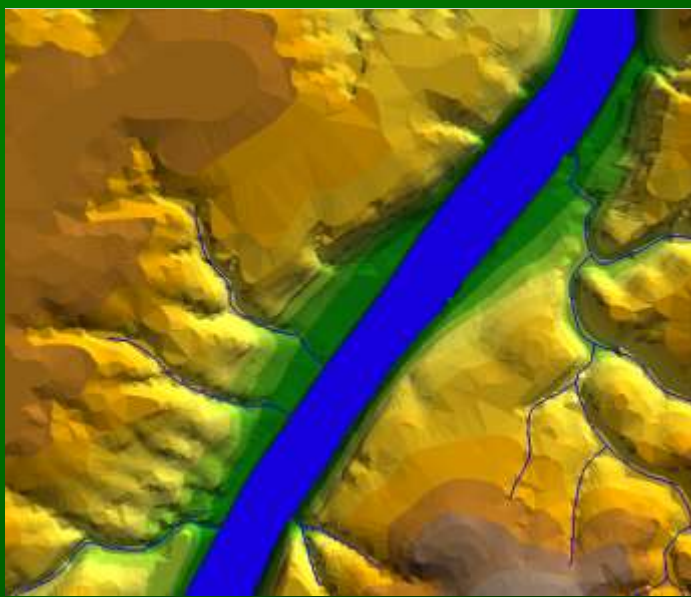




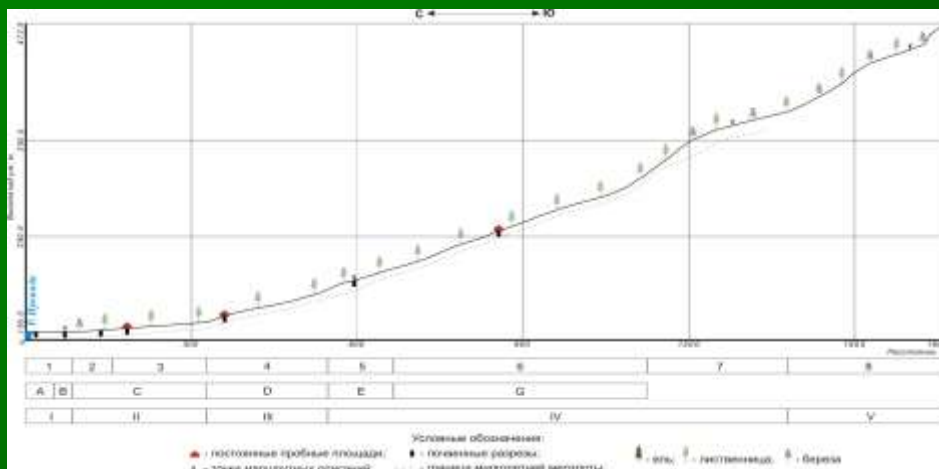
## Использование ЦМР для расчленения территории по морфометрическим показателям рельефа



## Использование ЦМР ключевых участков



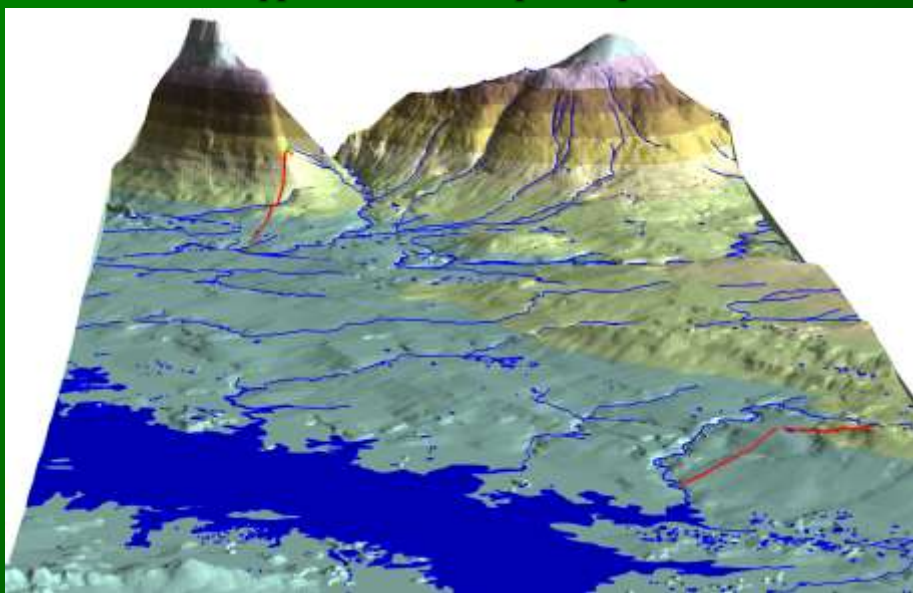
## Построение топо-экологических профилей



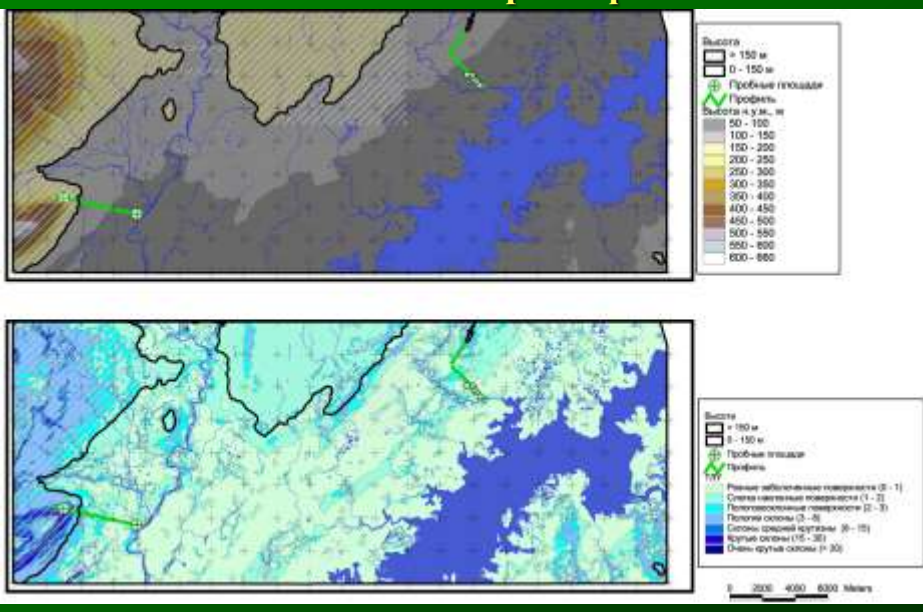
Топо-экологический профиль ключевого участка Кутарамакан

*Рельеф:* I - днще долины р. Иркинда, II - надпойменная терраса, III - горный шлейф северной экспозиции, IV - средневысокие горные террасы, V - высокие горные террасы.  
*Глубина залегания многолетней мерзлоты:* A - 35-45 см, B - до 1 м на моренных отложениях, 60 см на суглинистых отложениях, C - 30-50 см, D - 30-40 см (на делювиальных отложениях до 1 м), E - 1,6 м, G - 25-50 см (на делювиальных отложениях до 100 см).  
*Растительность:* 1 - заросли ольховника, 2 - лиственнично-березовые редколесья кустарничково-зеленомошные, 3 - комплекс сообществ лиственничные редколесья ерничково-лишайниковые на выровненных поверхностях террасы; лиственнично-ерничковые редколесья кустарничково-осокново-шишечные по долинам стока, 4 - лиственничники кустарничково-зеленомошные в комплексе с лиственничниками разнотравно-кустарничково-шишечными с густым подлеском из ольхи в долинах стока, 5 - лиственничники с густым подлеском из ольховника мелкотравно-зеленомошные, 6 - лиственничники кустарничково-зеленомошно-лишайниковые, 7 - березово-лиственничные редколесья кустарничково-зеленомошно-лишайниковые, 8 - березово-лиственничные редколесья багульниково-лишайниково-зеленомошные.

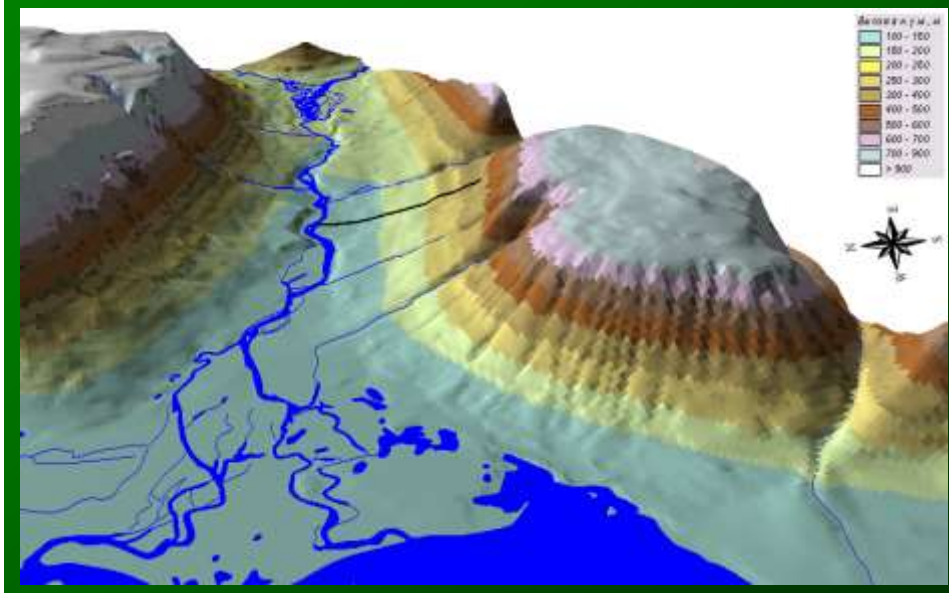
## Систематизация условий местопроизрастания на основе цифровой модели рельефа местности



## Расчленение территории по морфометрическим показателям рельефа

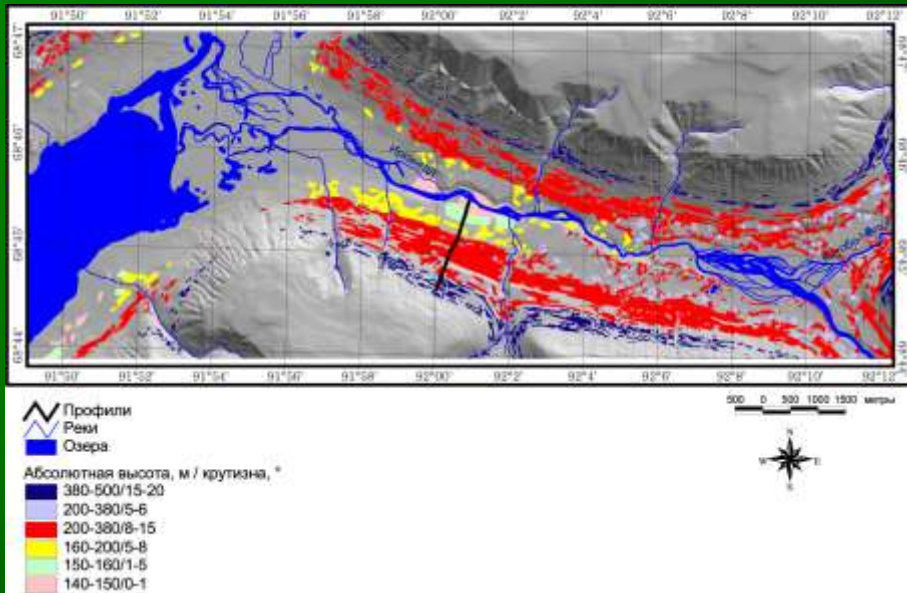


## Цифровая модель рельефа ключевого участка Кутарамакан





## Классификация условий местопроизрастания

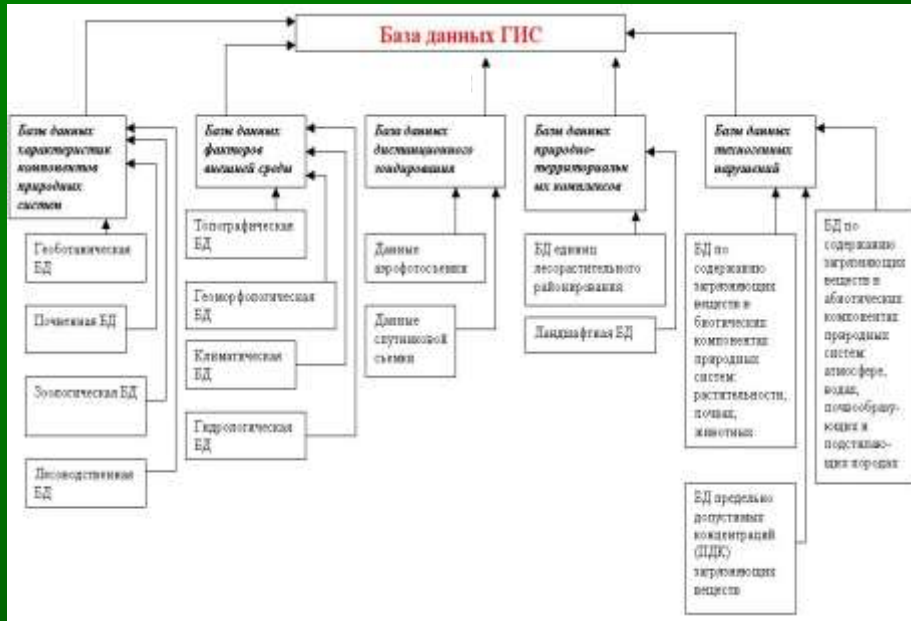


## Структурная схема базы данных





## Состав базы данных ГИС



## Таблицы, входящие в состав базы данных

**Таблицы, описывающие состав базы данных:**  
 "Описание таблиц" и  
 "Список полей"

**Макеты (основные элементы базы данных) -**  
 таблицы, содержащие сведения об объектах исследований

**Справочники**  
 таблицы, в которых определяются значения сокращений и кодов, входящих в макеты

## Описание макетов геоботанической базы данных

№	Таблица	Описание
1	N1Mak110, N2Mak110	Макет содержит общую информацию о подлеске.
2	N1Mak120, N2Mak120	Макет, в котором описывается видовой состав подлеска на пробной площади или маршрутной точке. Каждый вид характеризуется такими показателями, как жизненное состояние, происхождение, сомкнутость, обилие по шкале Друде, высота и др.
3	N1Mak130, N2Mak130	Макет, в котором даётся общая характеристика живого напочвенного покрова на пробной площади или маршрутной точке (общее проективное покрытие, общий облик, степень задернённости почвы и др.).
4	N1Mak140, N2Mak140	Макет, в котором описывается видовой состав травяно-кустарничкового яруса на пробной площади или маршрутной точке. Каждый вид характеризуется следующими показателями: жизненное состояние, обилие по шкале Друде, проективное покрытие и другие, для пробных площадей описана встречаемость видов на площадках.
5	N1Mak150, N2Mak150	Макет, в котором даётся общая характеристика мохово-лишайникового покрова на пробной площади или маршрутной точке.
6	N1Mak160, N2Mak160	Макет, в котором описываются видовой состав мохово-лишайникового яруса на пробной площади или маршрутной точке. Каждый вид характеризуется следующими показателями: жизненное состояние, проективное покрытие, характер произрастания, другие особенности, для пробных площадей описана встречаемость видов на площадках.

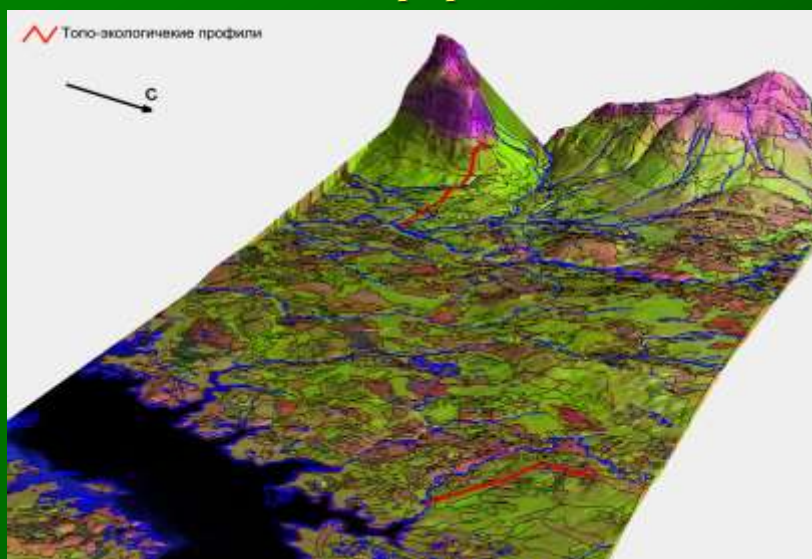
## Описание полей таблиц-макетов геоботанической базы данных

№ пп	Поле	Описание	Справоч-ник	В какой таблице
1	2	3	4	5
1	KEY	Ключ (составное поле, цифры которого имеют определённое значение).		Во всех, кроме N2Mak190
2	RR	Район работ. Для Норильского района код: 10.		Во всех, кроме N2Mak190
3	NPR	Номер профиля.		Во всех
4	NKU	Номер ключевого участка.		Во всех, кроме N2Mak190
5	NPP	Номер пробной площади.		Во всех, кроме N2Mak190
6	NT	Номер точки.		Во всех, кроме N2Mak190
7	GPOL	Географическое положение.	10110	Во всех, кроме N2Mak190
8	VRPL	Выраженность яруса подлеска.	10050	N2Mak110
9	HRP	Характер распределения по площади (0 - равномерное, 1 - неравномерное).		N2Mak110
10	SOMK	Сомкнутость, в долях единицы.		N2Mak110
11	PPOPL	Проективное покрытие подлеска (общее), в процентах.		N2Mak110

## Схема структурных связей таблиц в базе данных

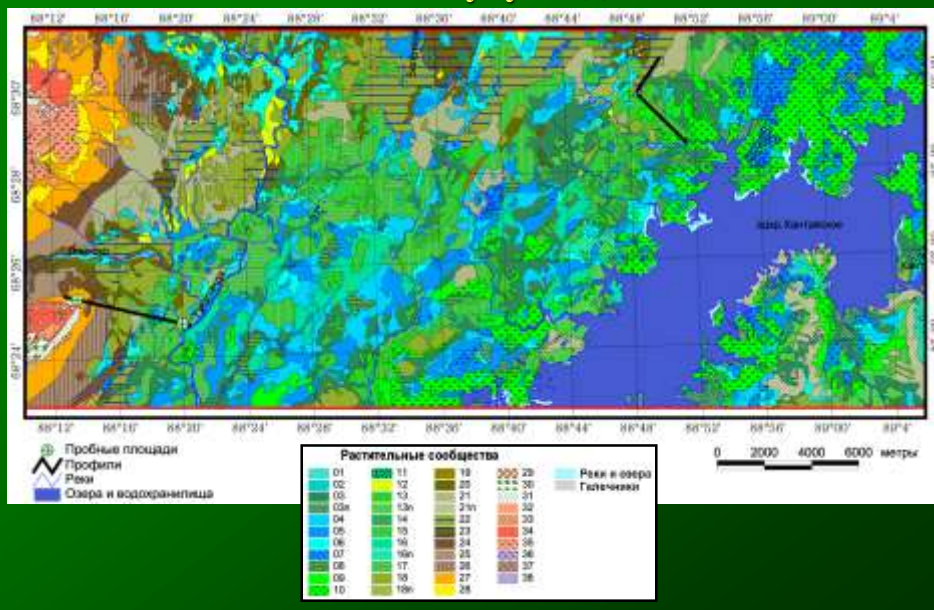


## Составление карт растительности

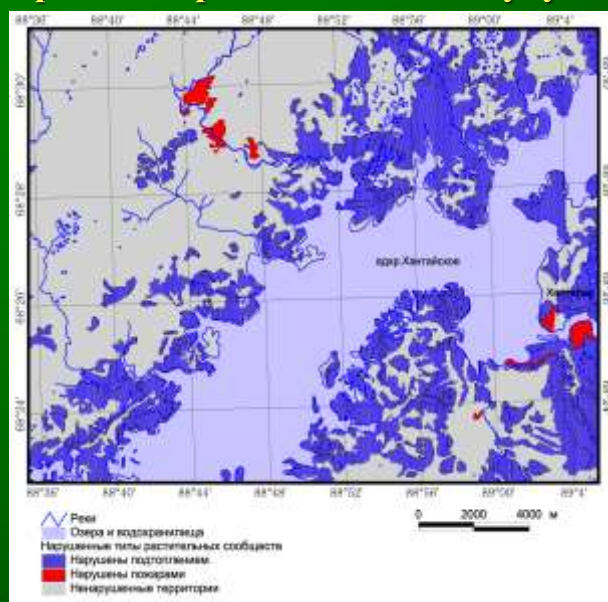


Космическое изображение Landsat ETM+ наложенное на трехмерную триангуляционную модель рельефа местности, с нанесенными на него контурами растительных сообществ

## Карта растительности широтного трансекта Аккит-Тукуланда

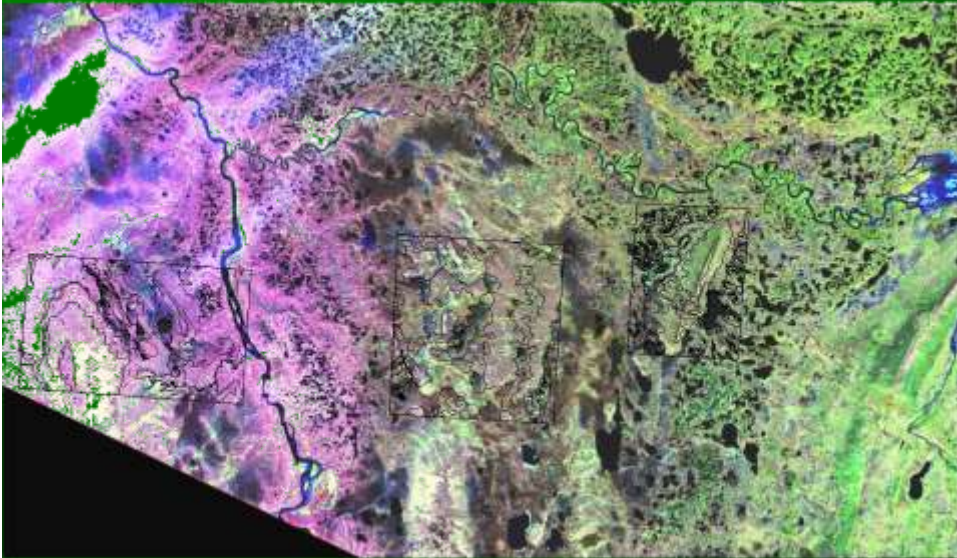


## Карта нарушенности растительного покрова широтного трансекта Аккит-Тукуланда

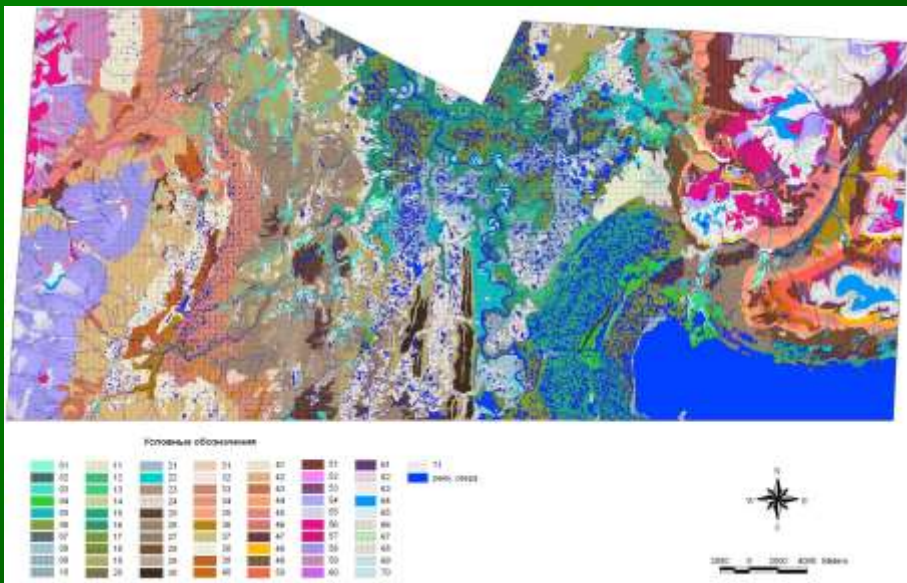




## Контурное дешифрирование изображения Landsat ETM



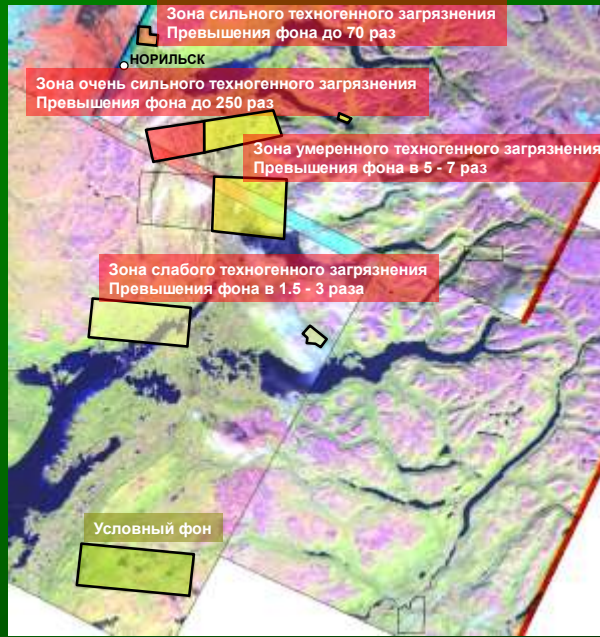
## Карта растительности широтного трансекта Кето



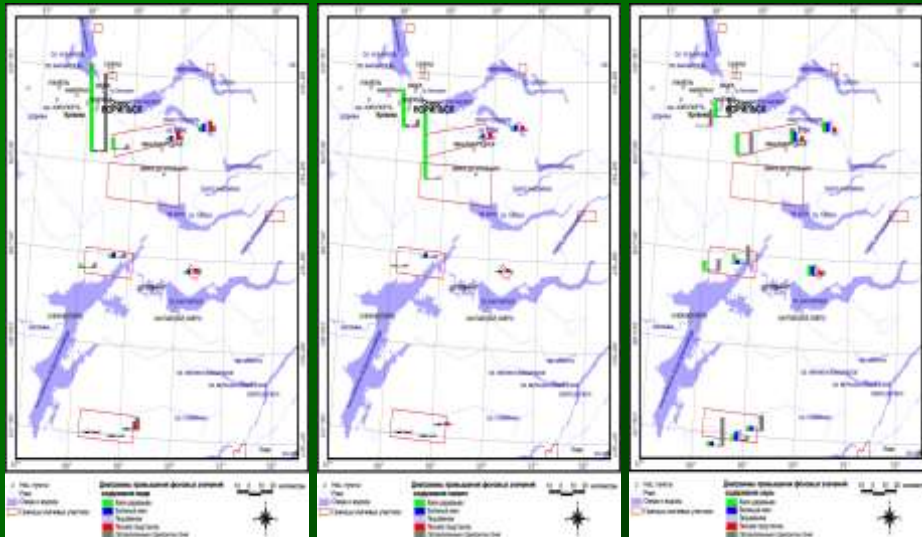




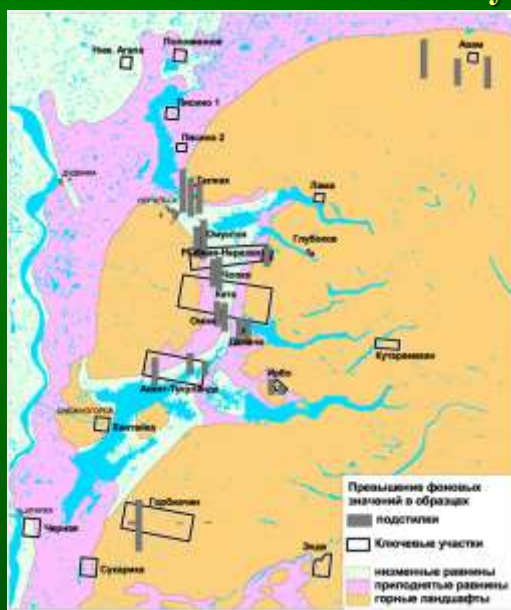
## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГРУППИРОВКА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ПО СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОЙ НАРУШЕННОСТИ



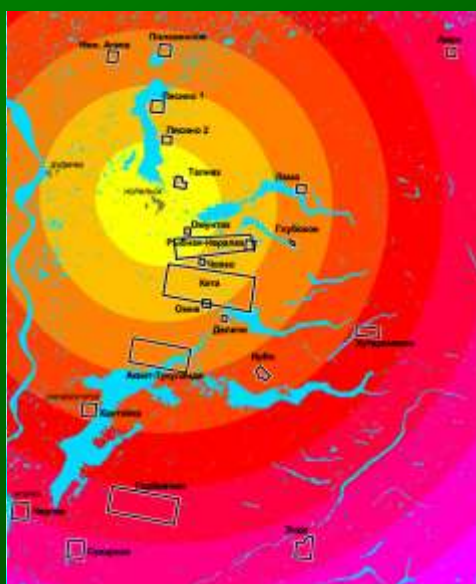
## Превышения фоновых значений загрязняющих веществ в образцах растительности и почв на ключевых участках



## Превышения фоновых значений серы в образцах растительности и почв на ключевых участках

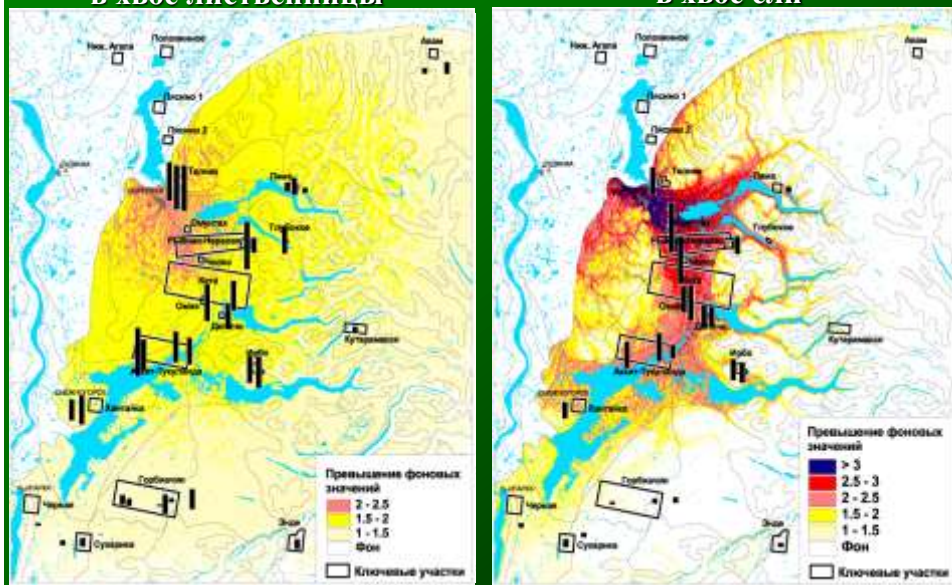


## Экстраполяция превышения фоновых значений серы в образцах растительности

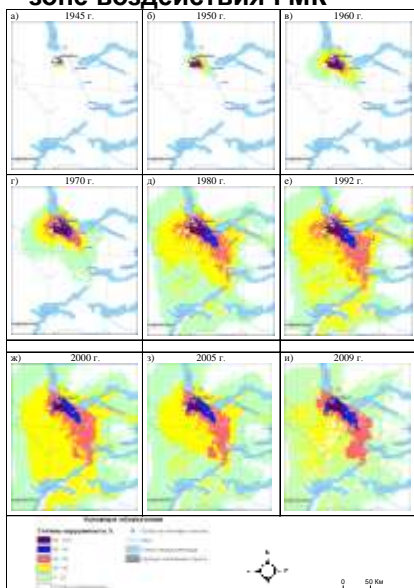




## Экстраполяция превышения фоновых значений серы в образцах растительности в хвое лиственницы в хвое ели



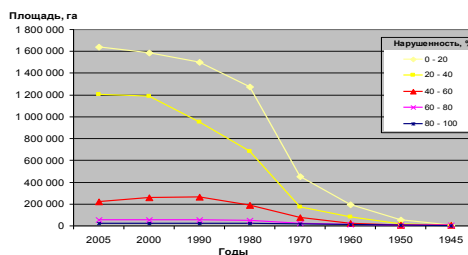
### Динамика степени нарушенности растительного покрова в зоне воздействия ГМК



• Оценка динамики выполнялась для 2-х периодов: 1940 – 1992 гг. и 1992 – 2009 гг.

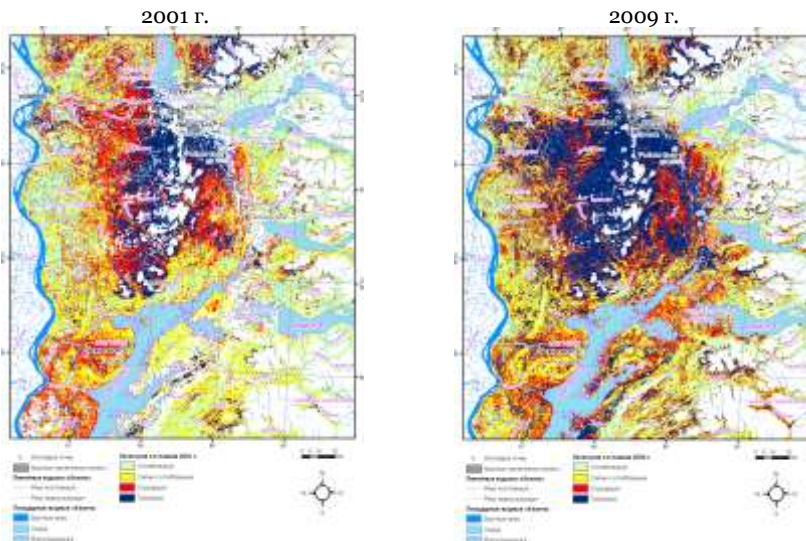
• Для первого периода применялись данные дендрохронологических исследований по динамике усыхания древостоя на ключевых участках с разным удалением от ГМК. Динамика нарушенности второго периода оценивалась на основе тренда вегетационного индекса NDVI, рассчитанного по временному ряду (1998 – 2009 гг.) спутниковых изображений SPOT Vegetation и Landsat TM/ETM+.

• Анализ результатов показал, что расширение зоны повреждений происходит в период 1945 - 1990 гг., достигая наибольшей интенсивности в середине 60-х до конца 70-х годов. Начиная с 1990 гг. происходит снижение скорости расширения зоны повреждений, а затем в период 2000 – 2005 гг. наблюдается незначительное сокращение зоны средней степени нарушенности, хотя общая площадь нарушений продолжает расти

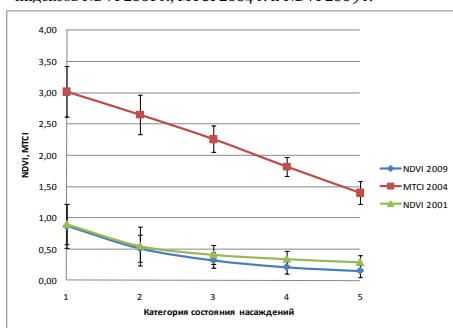


## Зонирование степени нарушенности растительности

Выделены зоны различной степени нарушенности растительности на основе вегетационного индекса NDVI (спутник Landsat TM) в 2001 и 2009 гг.:

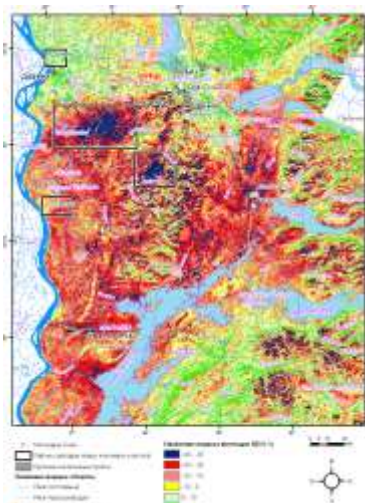


Связь категории состояния насаждений и вегетационных индексов NDVI 2001 г., МТСИ 2004 г. и NDVI 2009 г.



Площади зон различной степени нарушенности растительности в 2001, 2004 и 2009 гг. по данным спутниковой съемки

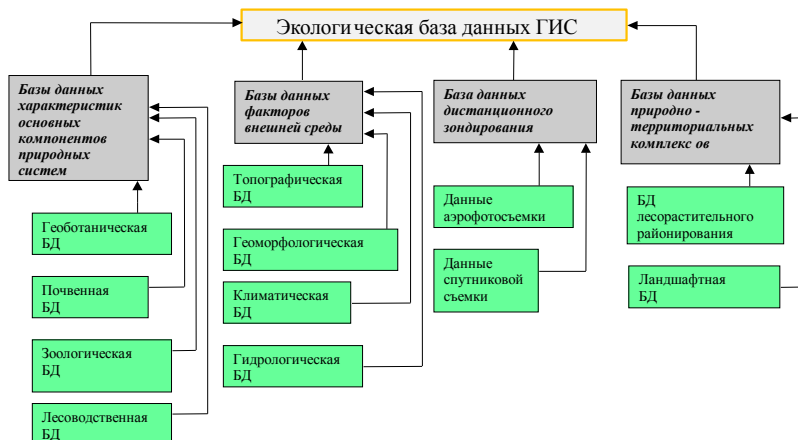
Категория состояния	Площадь, подверженная промышленным выбросам (тыс. га) по годам		
	2001	2004	2009
Ослабленные	590,8	623,6	527,1
Сильно-ослабленные	477,6	448,1	548,9
Усыхающие	374,0	401,4	384,9
Погибшие	393,2	466,3	627,5
Итого	1735,6	1839,4	2088,4



Относительное изменение вегетационного индексов NDVI (Landsat TM) за период 2001 – 2009 гг.

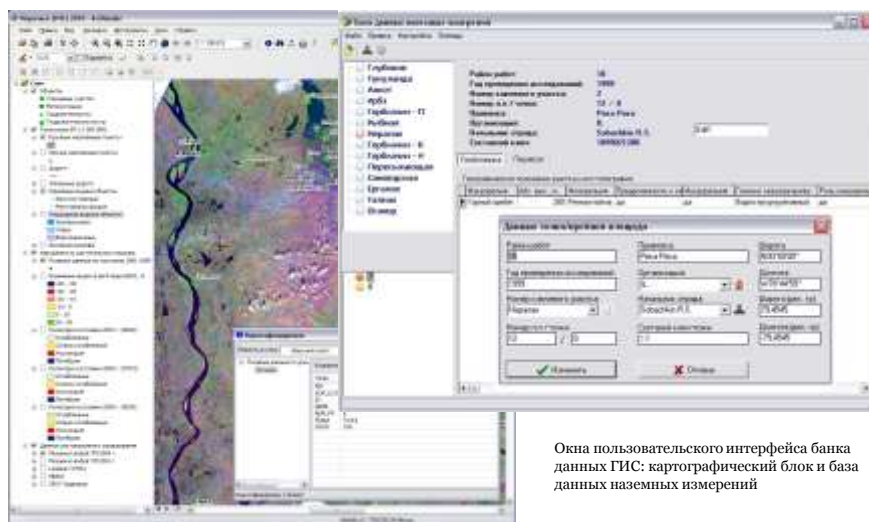
## Экологическая база данных ГИС

Проведена систематизация и пополнение существующей информации на территорию Енисейского меридиана. Продолжено формирование банка данных ГИС включающего топографическую основу, цифровую модель рельефа (ЦМР), данные дистанционного зондирования, тематические и электронные карты, данные маршрутных, стационарных и полевых исследований. Банк данных представляет собой многоуровневую иерархическую систему, в которой сконцентрирована и систематизирована информация о важнейших компонентах природных систем, их взаимосвязях, разных подходах к их изучению. Сформированы тематические блоки экологической базы данных на основе ГИС, в которых сконцентрирована и систематизирована информация о важнейших компонентах лесных экосистем




## Интерфейс банка данных ГИС

Реализован программный модуль клиентской СУБД для обеспечения пользовательского интерфейса интерактивного доступа к данным наземных измерений (просмотр и редактирование). Интерфейс разрабатывается на основе продуктов ESRI ArcGIS и ArcReader с использованием клиент-серверной системы управления базами данных (СУБД) Interbase и сервера Firebird



Окно пользовательского интерфейса банка данных ГИС: картографический блок и база данных наземных измерений



## ГИС-технологии, как инструмент выделения защитных лесов и оценки экологического ущерба

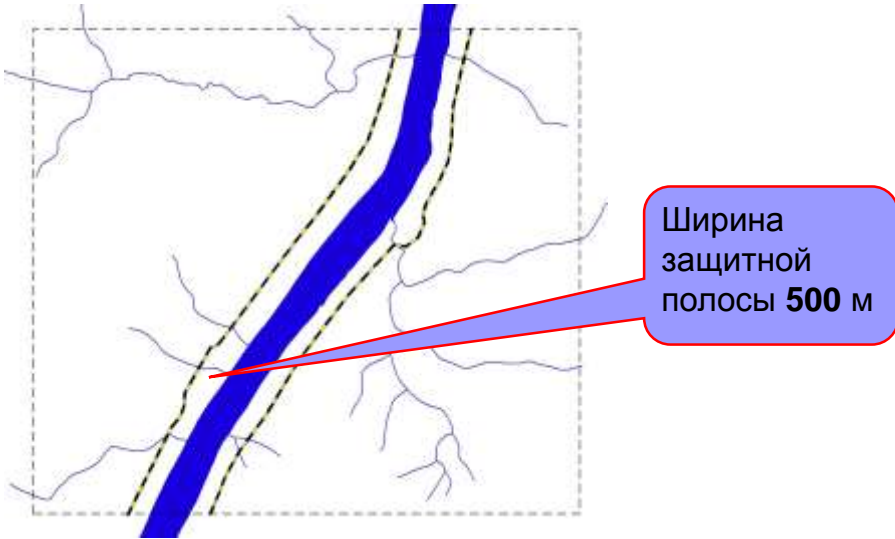


### Введение

- Во время выпадения жидких атмосферных осадков или снеготаяния образуется поверхностный сток. В условиях, когда интенсивность снеготаяния или выпадения жидких атмосферных осадков превышает интенсивность впитывания воды в почву, наблюдается увеличение слоя стока и активизация эрозионных процессов.
- Лесные полосы способны перехватывать и переводить во внутрпочвенный сток склоновый сток, образовавшийся на расположенных выше безлесных участках. Эти свойства леса используются для предохранения естественных водных источников от загрязнения путем выделения и создания водоохранны-защитных лесов и лесных полос по берегам рек озер и водохранилищ.



Водоохранно-защитные полосы выделяемые на основе нормативных документов

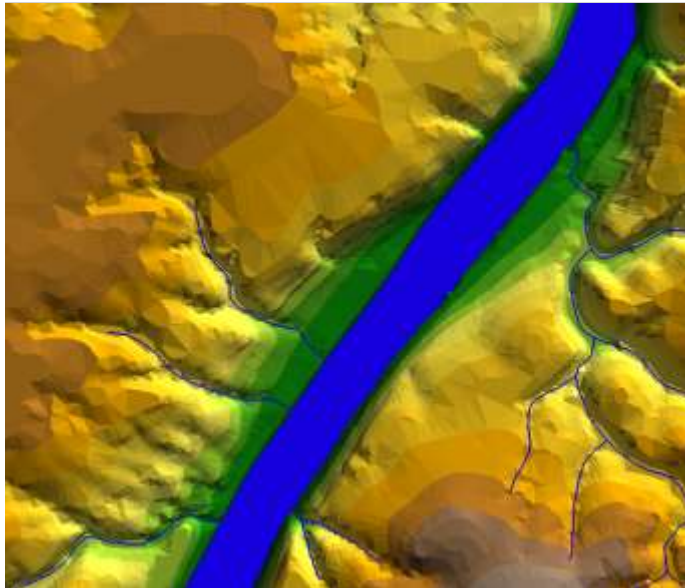


## Задачи

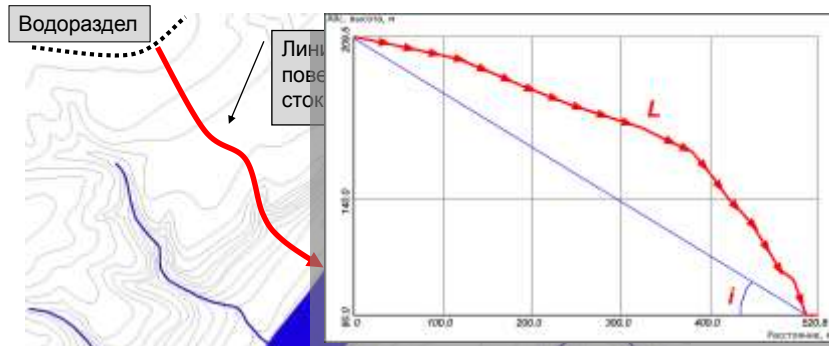
- Оптимизировать методику определения ширины защитных водопоглотительных полос
- Разработать алгоритм автоматизированного построения защитных полос на основе цифровой модели рельефа местности (ЦМР) средствами геоинформационных систем (ГИС)



## Цифровая модель рельефа (ЦМР)



## Эмпирическая модель 1

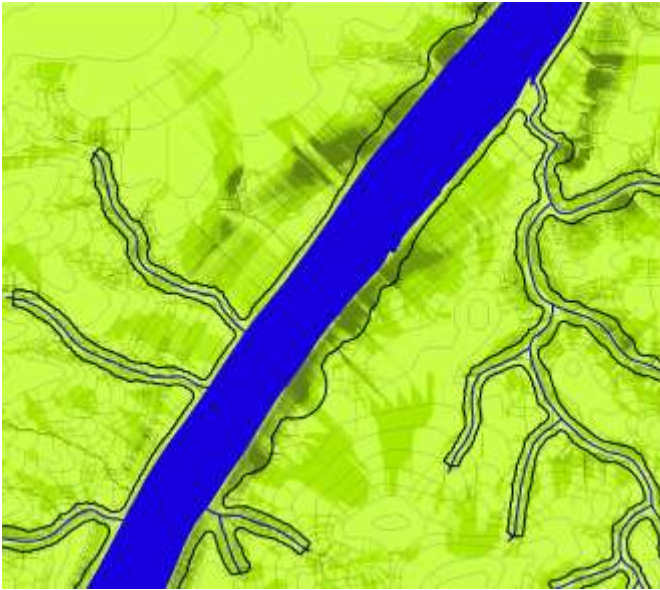


$$\ln(B) = -2.659 + 0.779\ln(L) + 0.884\ln(i) - 0.881\ln(In)$$

- $B$  – ширина водопоглотительной полосы, м
- $L$  – протяженность стокообразующего склона, м
- $i$  – крутизна склона, °
- $In$  – инфильтрация почвы, мм/мин



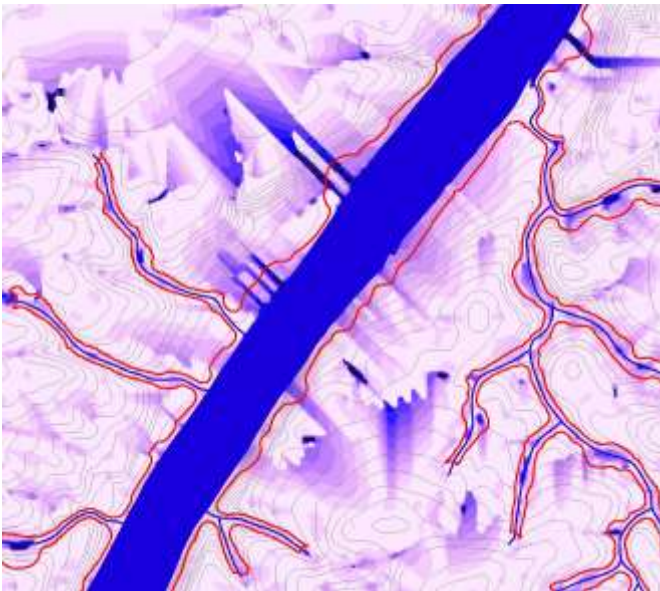
## Построение водопоглощительной полосы по Модели 1



- Расчет растрового слоя по модели 1
- Построение буферных окружностей вдоль рек
- Усреднение значений пикселей внутри буферных окружностей
- Построение объединенной буферной зоны с радиусами по усредненным значениям



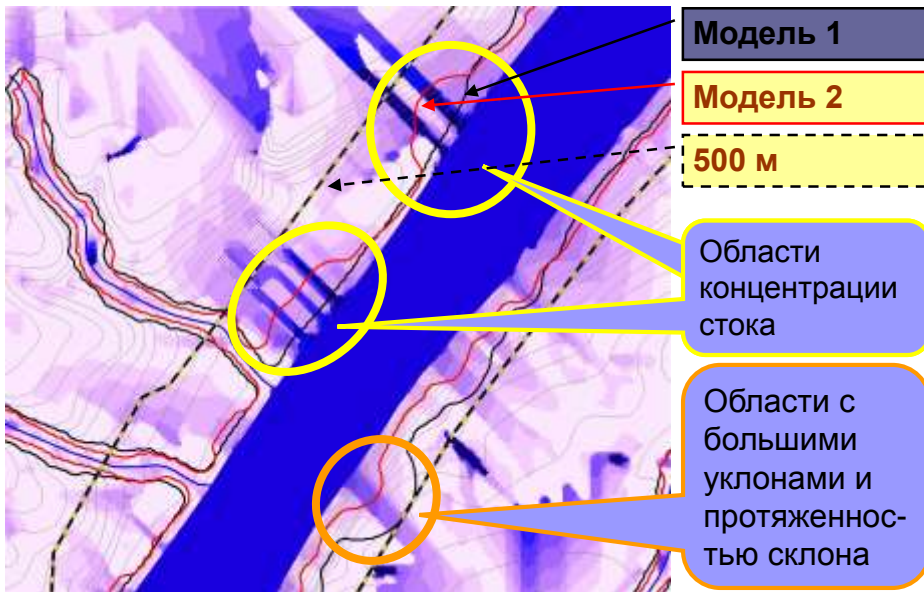
## Построение водопоглощительной полосы по Модели 2



- Расчет растрового слоя величины стока
- Сглаживание раstra медианным фильтром
- Усреднение значений пикселей внутри буферных окружностей
- Умножение на конверсионный коэффициент
- Построение объединенной буферной зоны всех окружностей



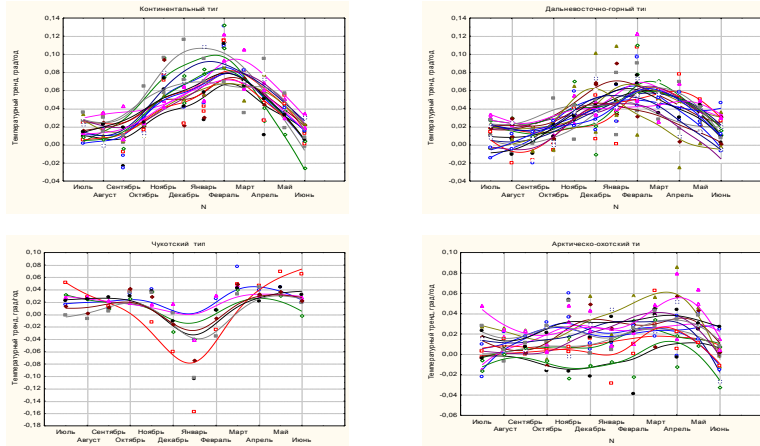
## Сравнение моделей 1 и 2



Использование географических характеристик и параметров рельефа для построения детальных карт климатических трендов

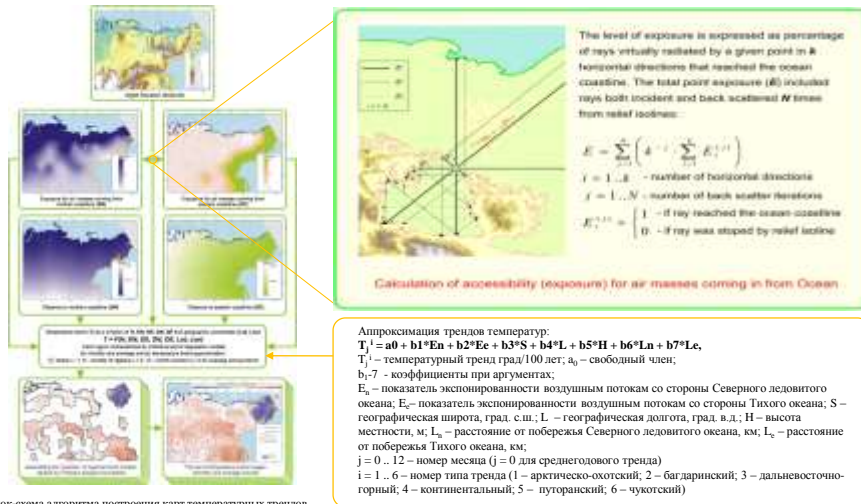


## Плеяды внутригодовой изменчивости климатических трендов по географическим областям



## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г. (для каждого месяца и в среднем за год) с использованием пространственных моделей в ГИС. Один из показателей, определяющий экспонированность (доступность) территорий арктическим воздушным массам, рассчитывается посредством разработанного метода виртуальной лучевой локации.

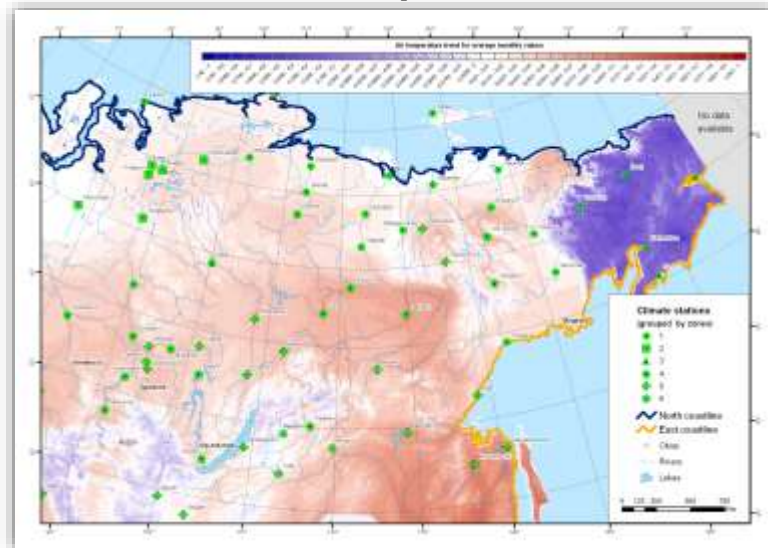


Блок-схема алгоритма построения карт температурных трендов



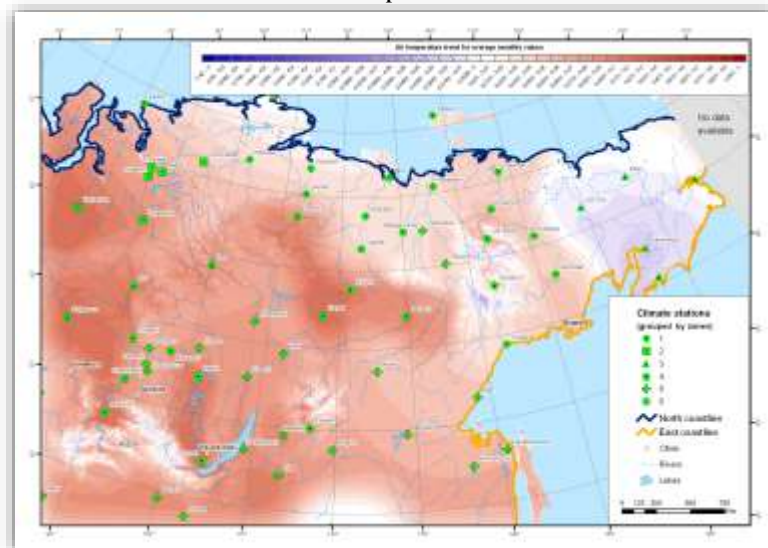
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Январь**



## Оценка климатических трендов

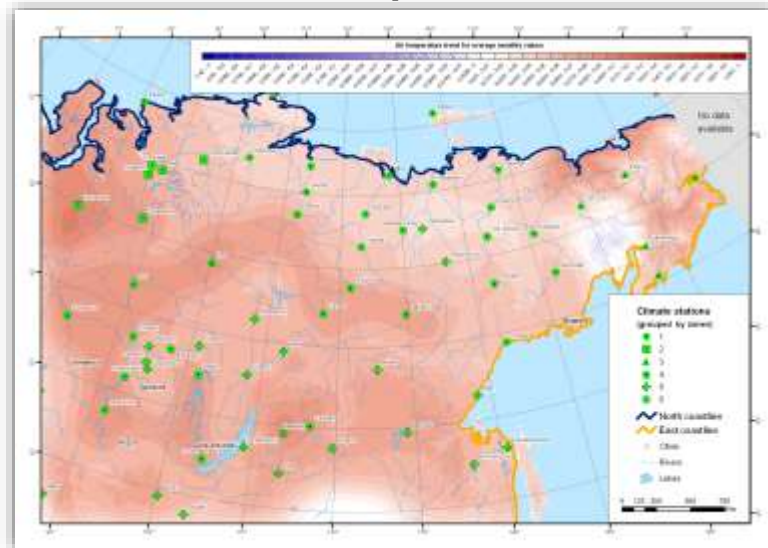
Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Февраль**





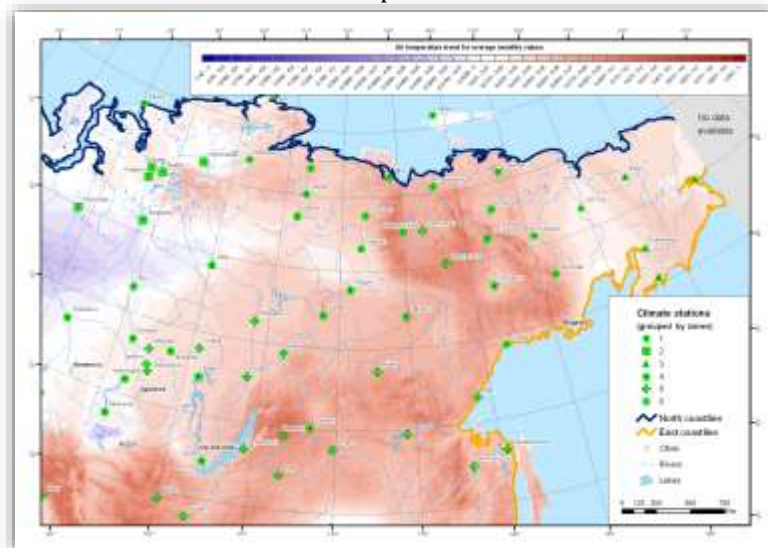
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Март**



## Оценка климатических трендов

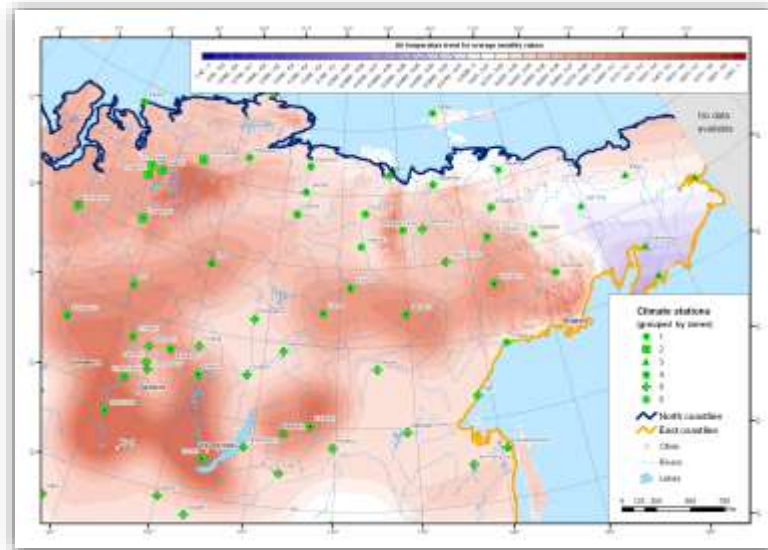
Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Апрель**





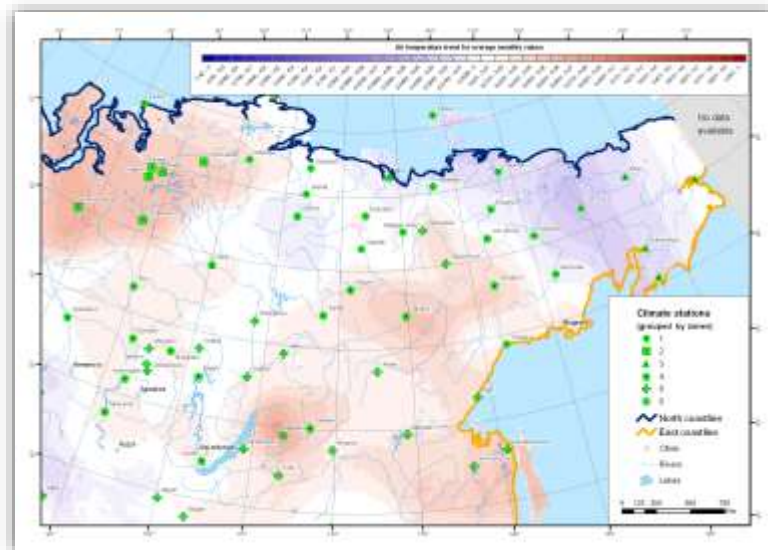
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Май**



## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Июнь**

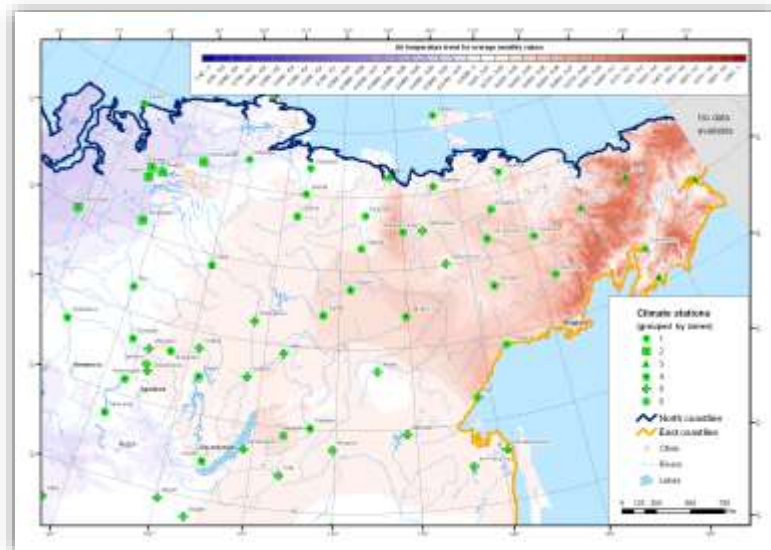






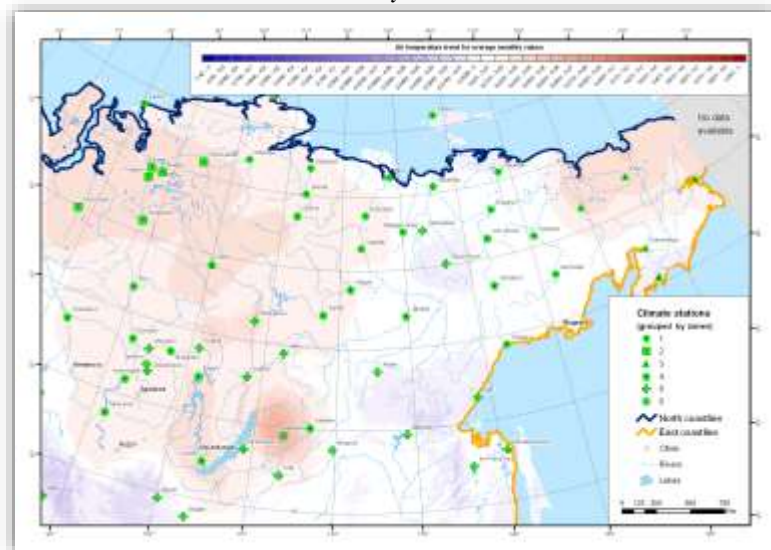
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Июль**



## Оценка климатических трендов

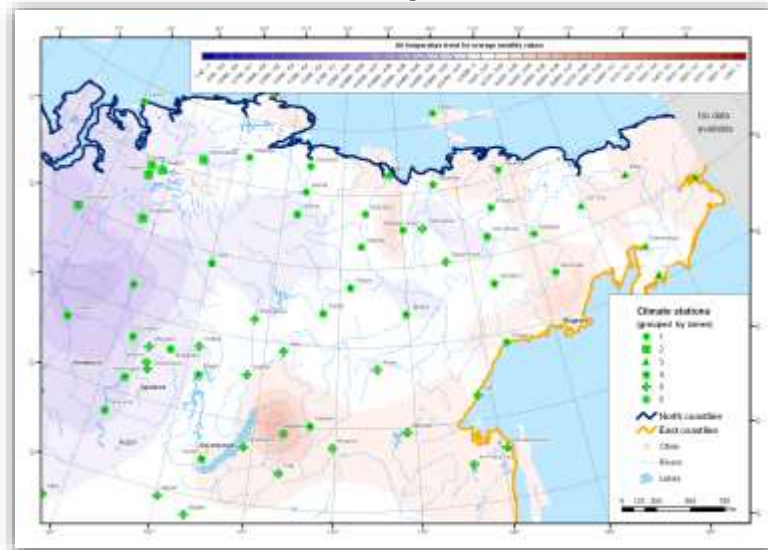
Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Август**





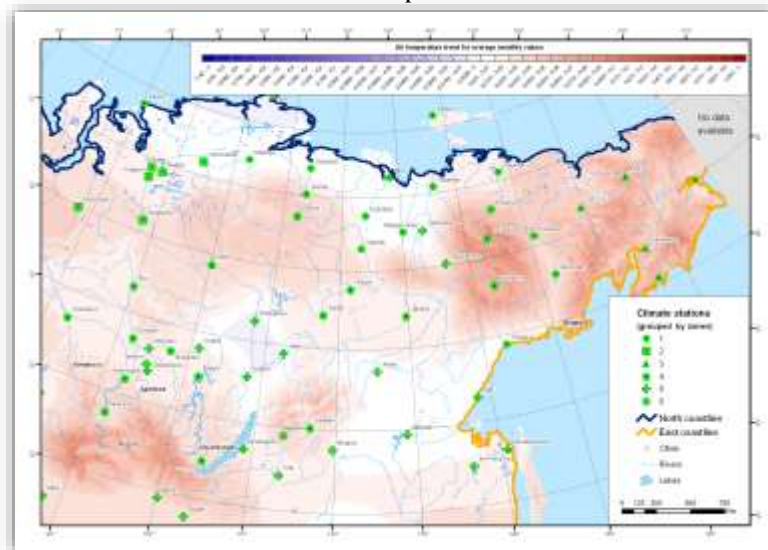
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Сентябрь**



## Оценка климатических трендов

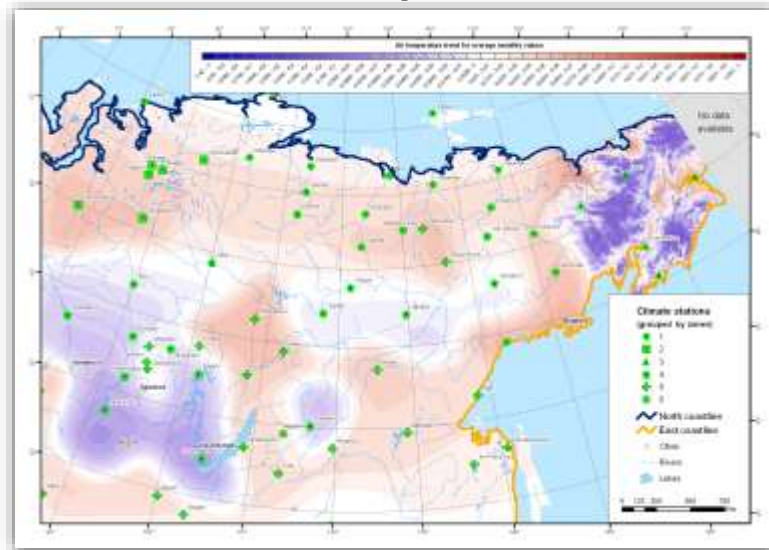
Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Октябрь**





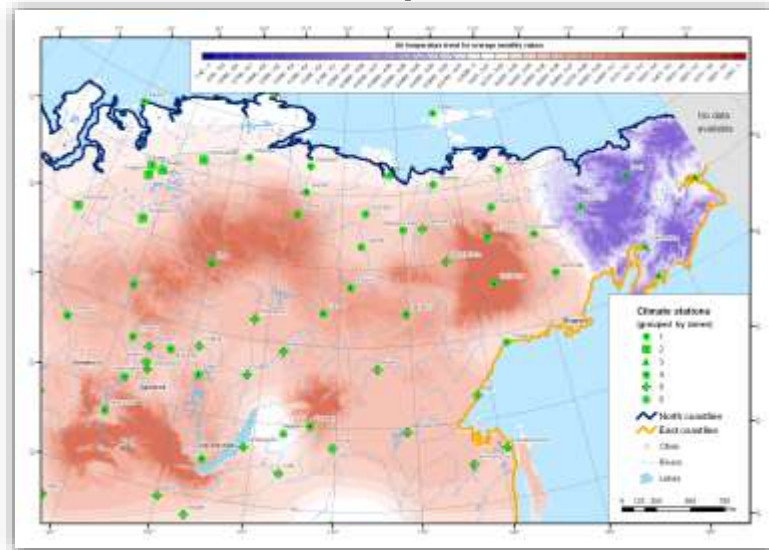
## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Ноябрь**



## Оценка климатических трендов

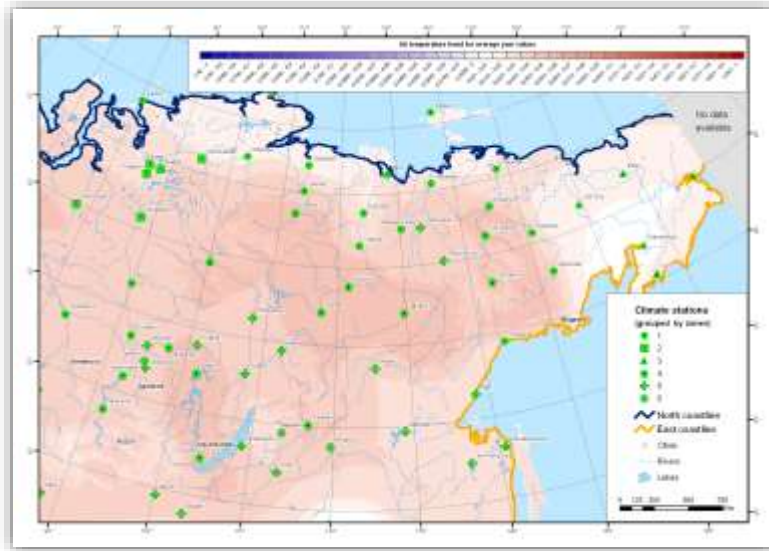
Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
**Декабрь**





## Оценка климатических трендов

Для территории Северной Азии сформирована серия карт трендов температур воздуха за период с 1950 по 2005 г.  
Среднегодовой тренд



# ZAPÁS

**Assessment and Monitoring  
of Forest Resources in the Framework of the  
EU - Russia Space Dialogue**

Validation Workshop, IIASA, 21-22 March 2012

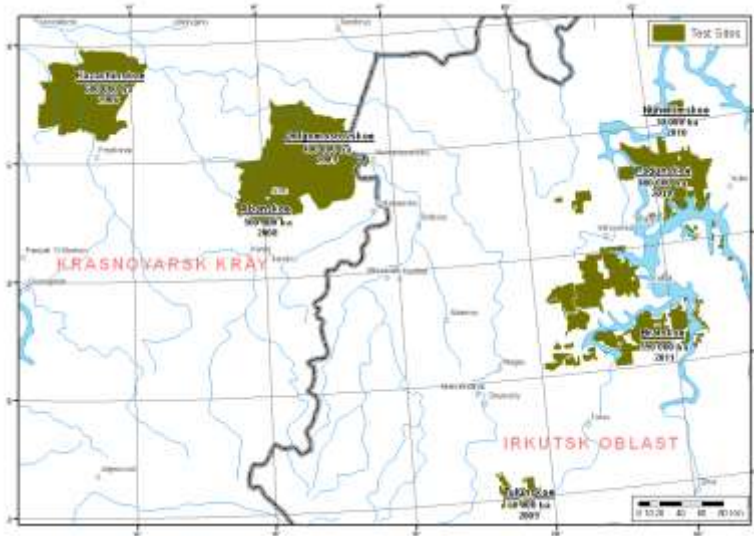
**Local Scale Biomass, Forest Cover & Disturbance, and  
Forest Regrowth Maps**





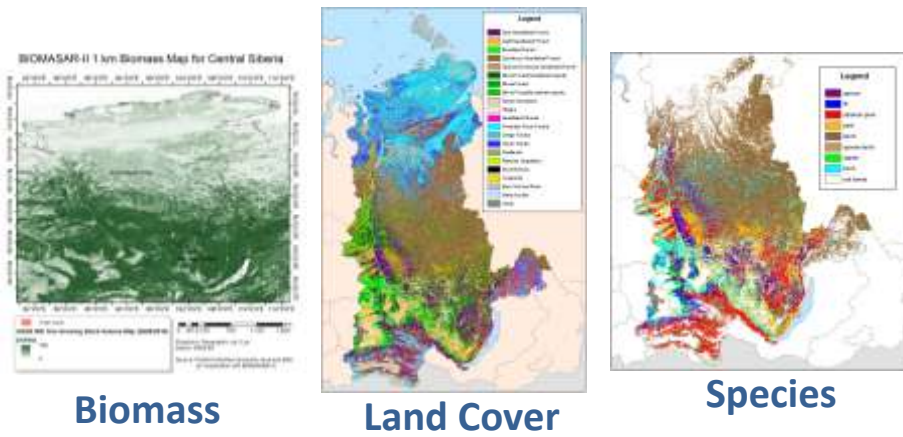


ZAPÁS



ZAPÁS

### Improved Biomass, LC, and Species Maps for Siberia



Data online [zapas.uni-jena.de](http://zapas.uni-jena.de)



ZAPÁS

## Web Portals



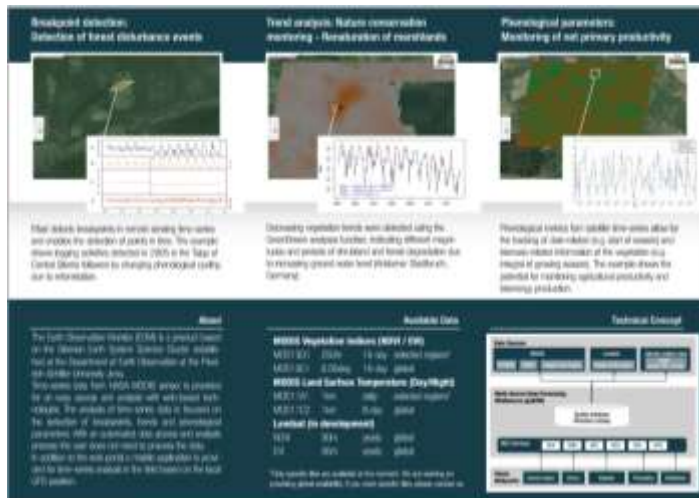
<http://sibessc.uni-jena.de>

<http://zapas.uni-jena.de>



ZAPÁS

## Earth Observation Monitor



<http://www.earth-observation-monitor.net>



ZAPÁS

### Earth Observation Monitor

<http://www.earth-observation-monitor.net>



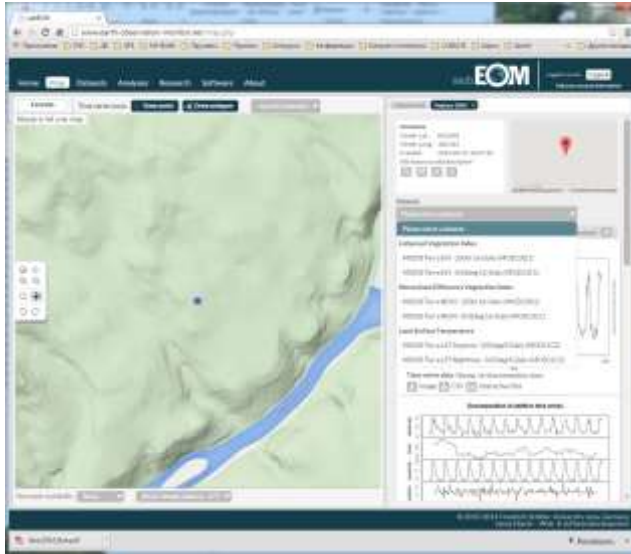
ZAPÁS

### Earth Observation Monitor



ZAPÁS

### Earth Observation Monitor



ZAPÁS

### Earth Observation Monitor

