



The Art of thematic interpretation of satellite images

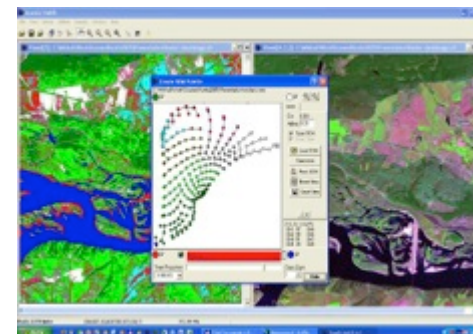
Искусство тематического дешифрования материалов космической съемки

Sergey Mikhaylov, Oganess Targulyan, Andrey Sarychev
R&D Center «SCANEX»

June 24 – July 2, 2012
Irkutsk

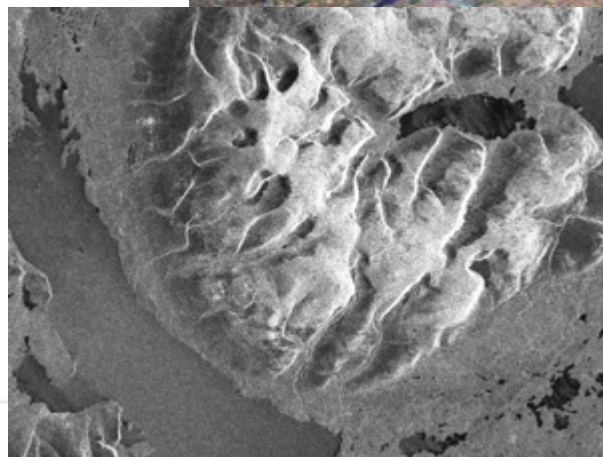
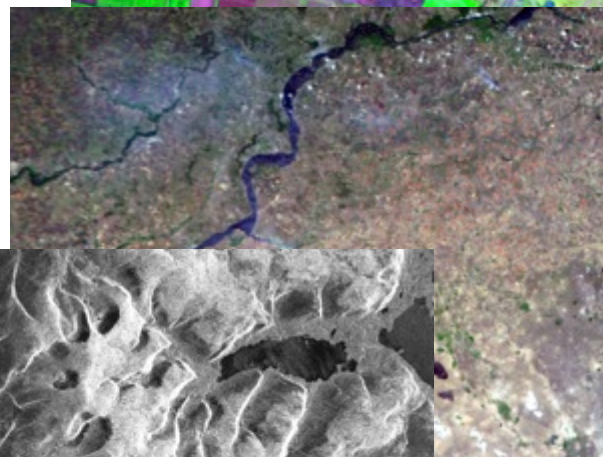
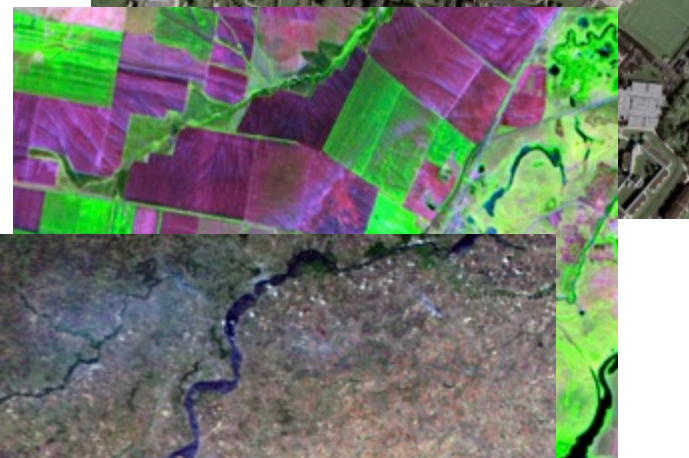
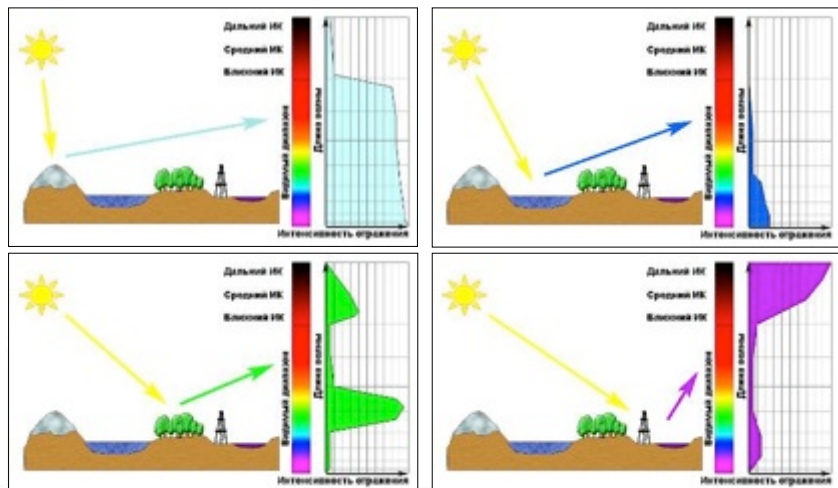
Основы качественной интерпретации ДДЗ

- Правильный выбор исходных данных – оптимальное соответствие технических характеристик ДДЗ поставленной задаче.
- Правильный выбор методов предварительной технологической обработки ДДЗ
- Правильный выбор методов тематической интерпретации ДДЗ



Выбор исходных данных

- Пространственное разрешение
- Обзорность
- Радиометрическое разрешение
- Спектральное разрешение
- Временное разрешение
- Сезон съемки (*)



Сезон (даты) съемки

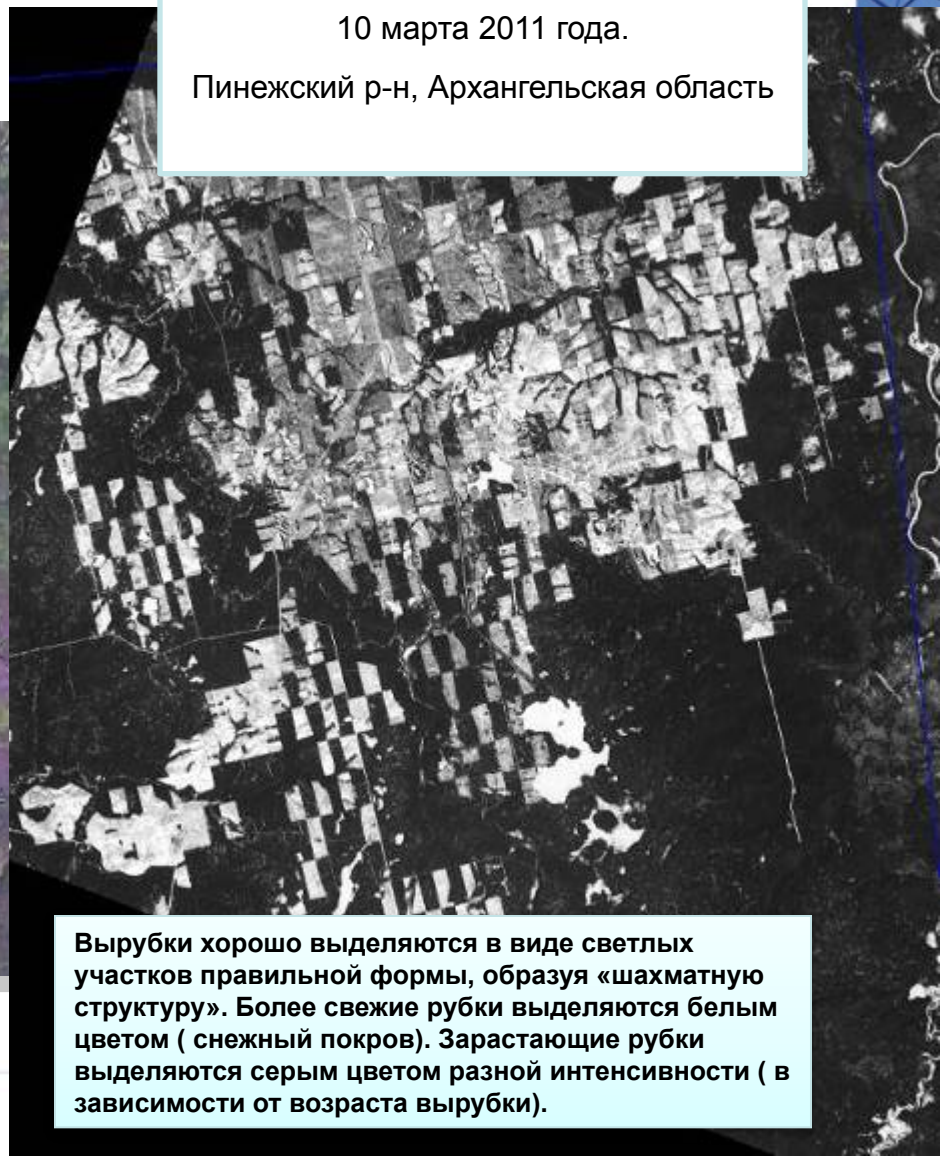
Архангельская область
Пинежский р-н
Снимок Landsat 5
21 августа 2011



Свежие рубки хорошо выделяются на снимке в виде ярких розовых прямоугольных участков.

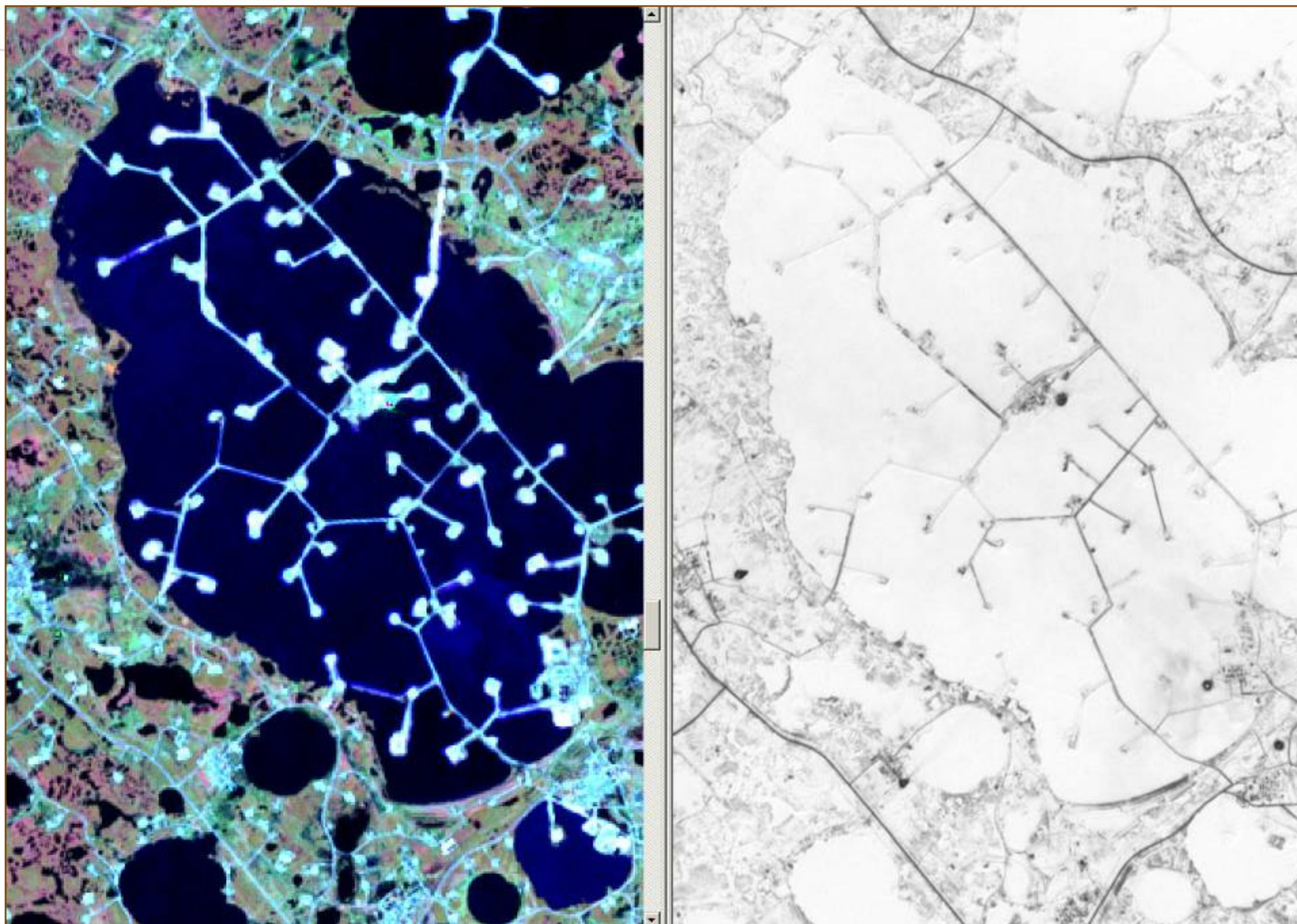
Зарастающие вырубki выделяются светло-зеленым тоном.

Снимок SPOT 5 (разрешение 2,5 м)
10 марта 2011 года.
Пинежский р-н, Архангельская область



Вырубki хорошо выделяются в виде светлых участков правильной формы, образуя «шахматную структуру». Более свежие рубки выделяются белым цветом (снежный покров). Зарастающие рубки выделяются серым цветом разной интенсивности (в зависимости от возраста вырубки).

Сезон (даты) съемки



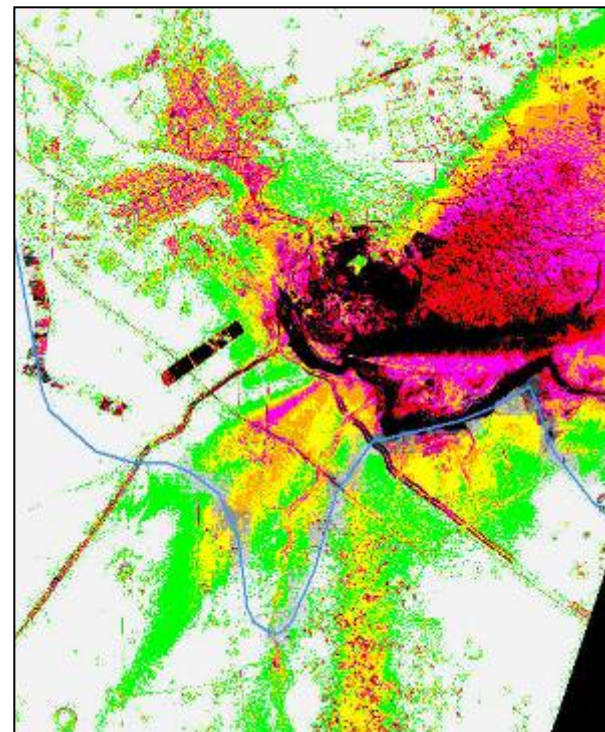
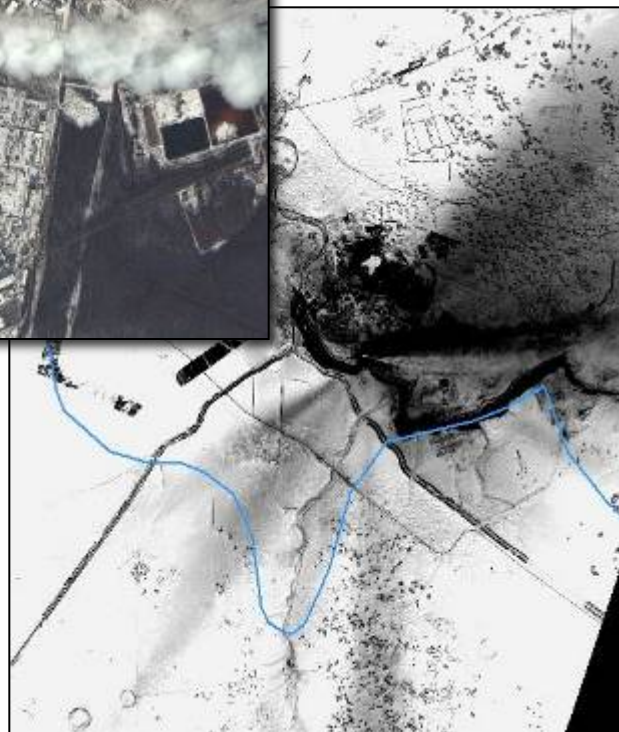
Оценка экологической обстановки в районах промышленных предприятий

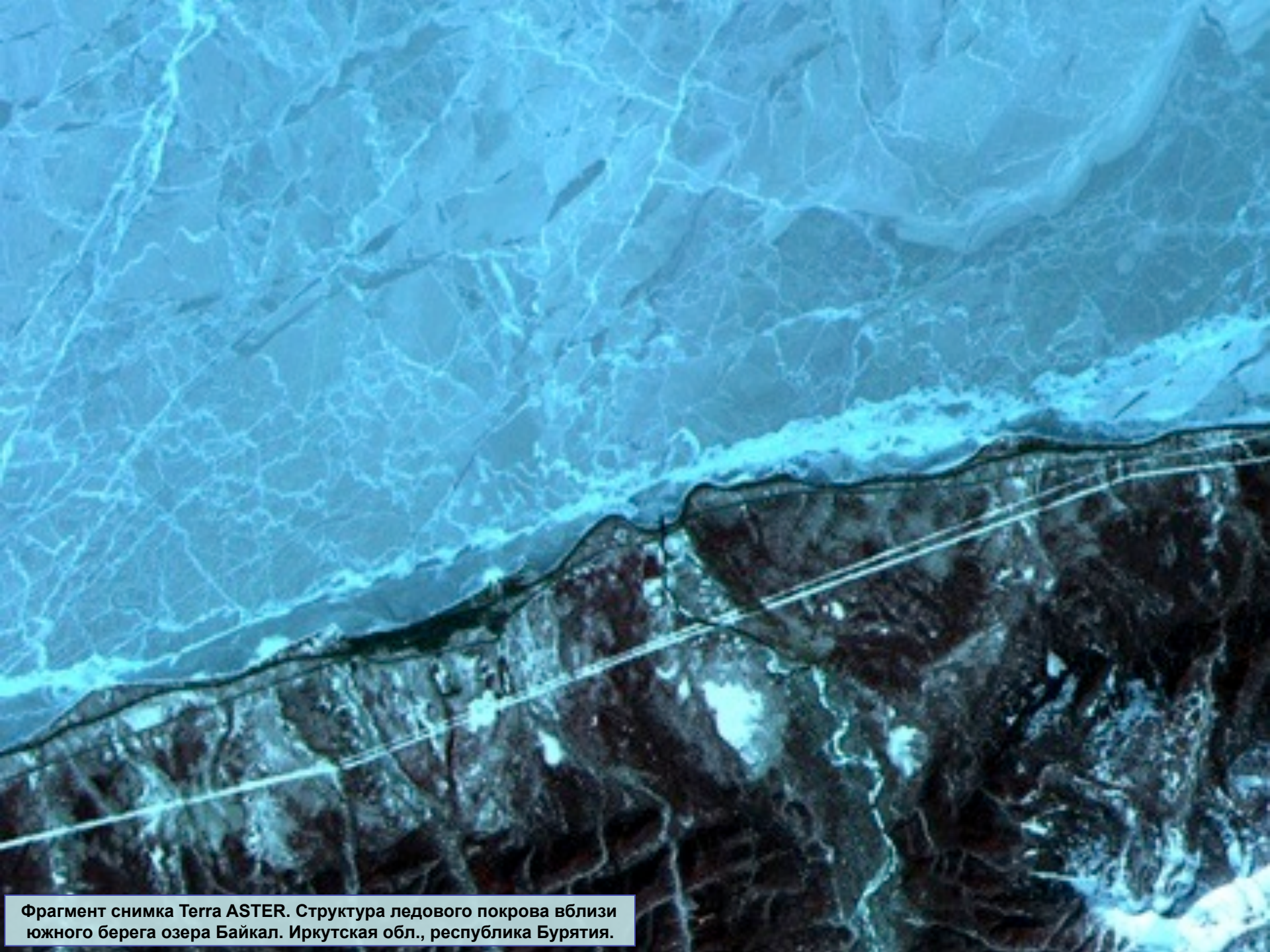
Применение ДДЗ совместно с выборочными данными наземных обследований позволяют получить количественные характеристики промышленного загрязнения



Фрагмент снимка SPOT-2. Снежный покров и пятна пылевого загрязнения в районе крупного промышленного центра.

Справа показан результат интерпретации снимка, отображающий интенсивность загрязнения.





Фрагмент снимка Terra ASTER. Структура ледового покрова вблизи южного берега озера Байкал. Иркутская обл., республика Бурятия.

Выбор методов предварительной и технологической обработки

Основные уровни обработки

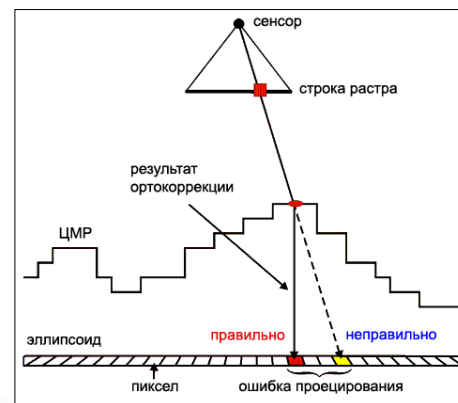
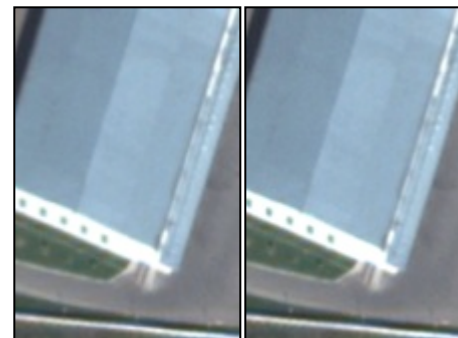
- Радиометрическая коррекция
- Систематическая геометрическая коррекция
- Коррекция с использованием опорных точек
- Ортотрансформирование

Дополнительные уровни обработки

- Увеличение пространственного разрешения;
- Синтез дополнительных каналов;
- Создание цифровых моделей рельефа;
- 3D моделирование
- Спектральная калибровка

Улучшающие преобразования

- Фильтрация помех;
- Коррекция пропущенных строк;
- Коррекция различной чувствительности сенсоров
- Фильтрация изображений



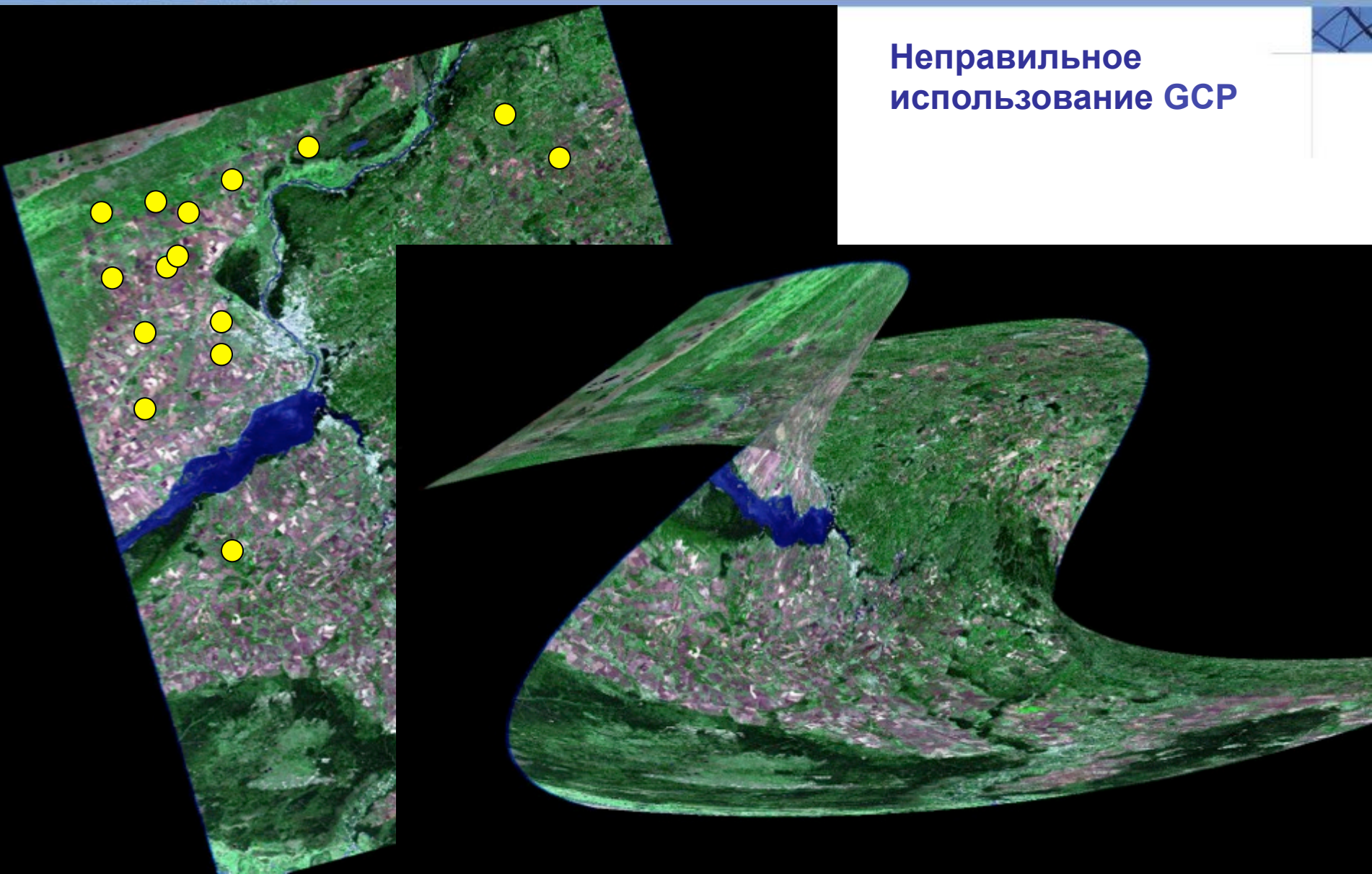
Предварительная обработка материалов ДЗЗ



Фрагмент снимка IRS 1D PAN до и после проведения радиометрической коррекции методом устранения периодических шумов при помощи преобразований Фурье. Оренбургская область, окрестности г. Бузулук.

Предварительная обработка материалов ДЗЗ

Неправильное
использование GCP



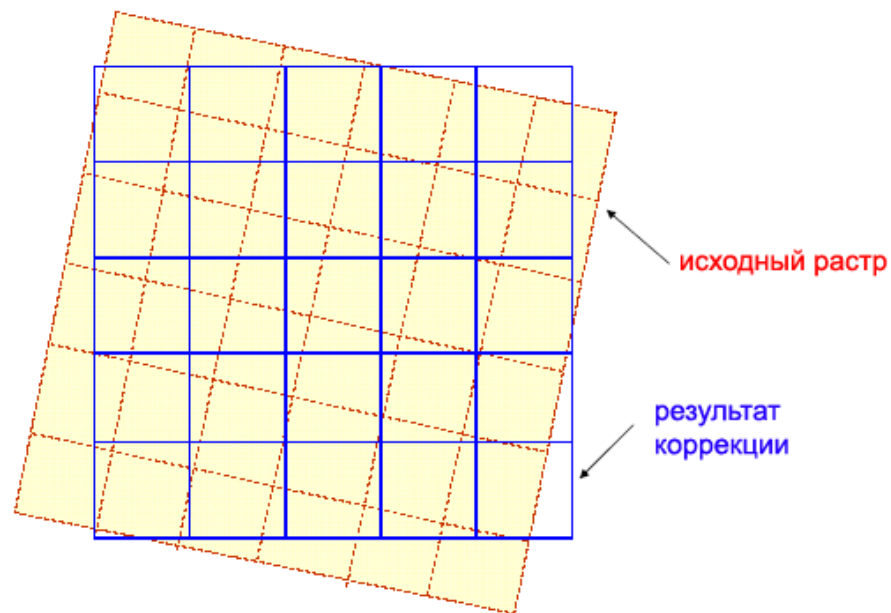
Предварительная обработка материалов ДЗЗ

Методы трансформации:

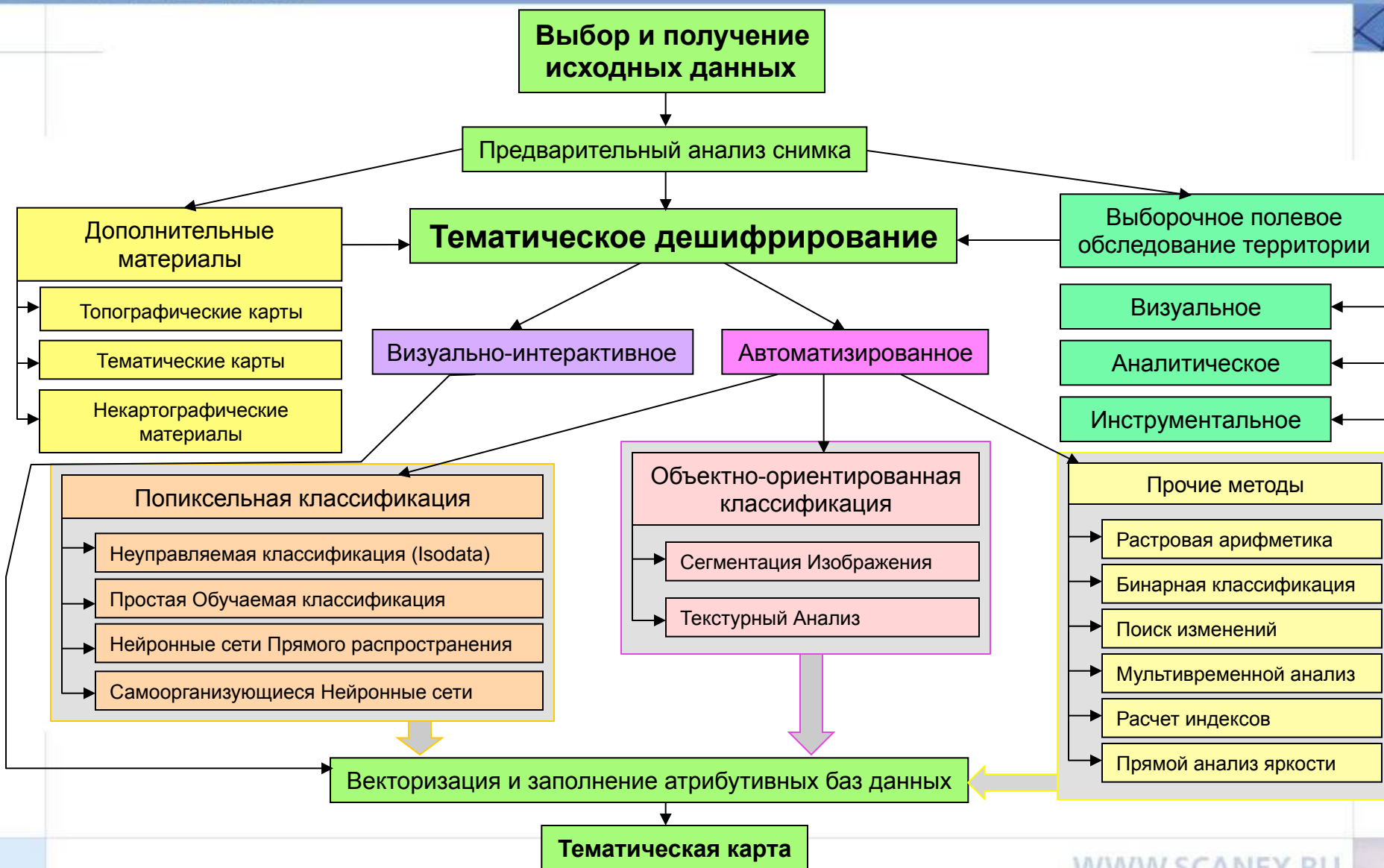
- Аффинные (перспективно-аффинные) преобразования (affine).
- Полиномиальные преобразования (polynomial).
- Преобразование методом резиновой пленки (Rubber Sheet).

Методы интерполяции:

- Ближайшего соседа (nearest neighbour)
- Билинейная (bilinear) интерполяция
- Бикубическая (bicubic) интерполяция



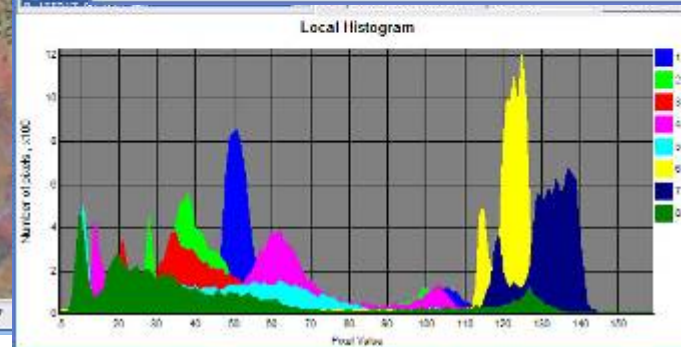
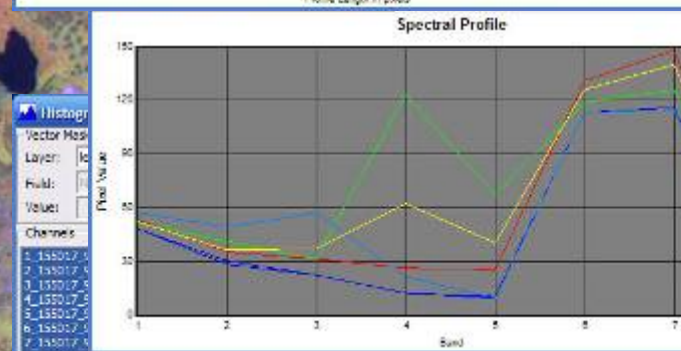
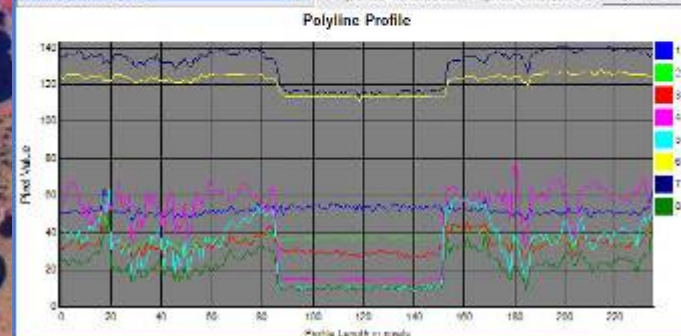
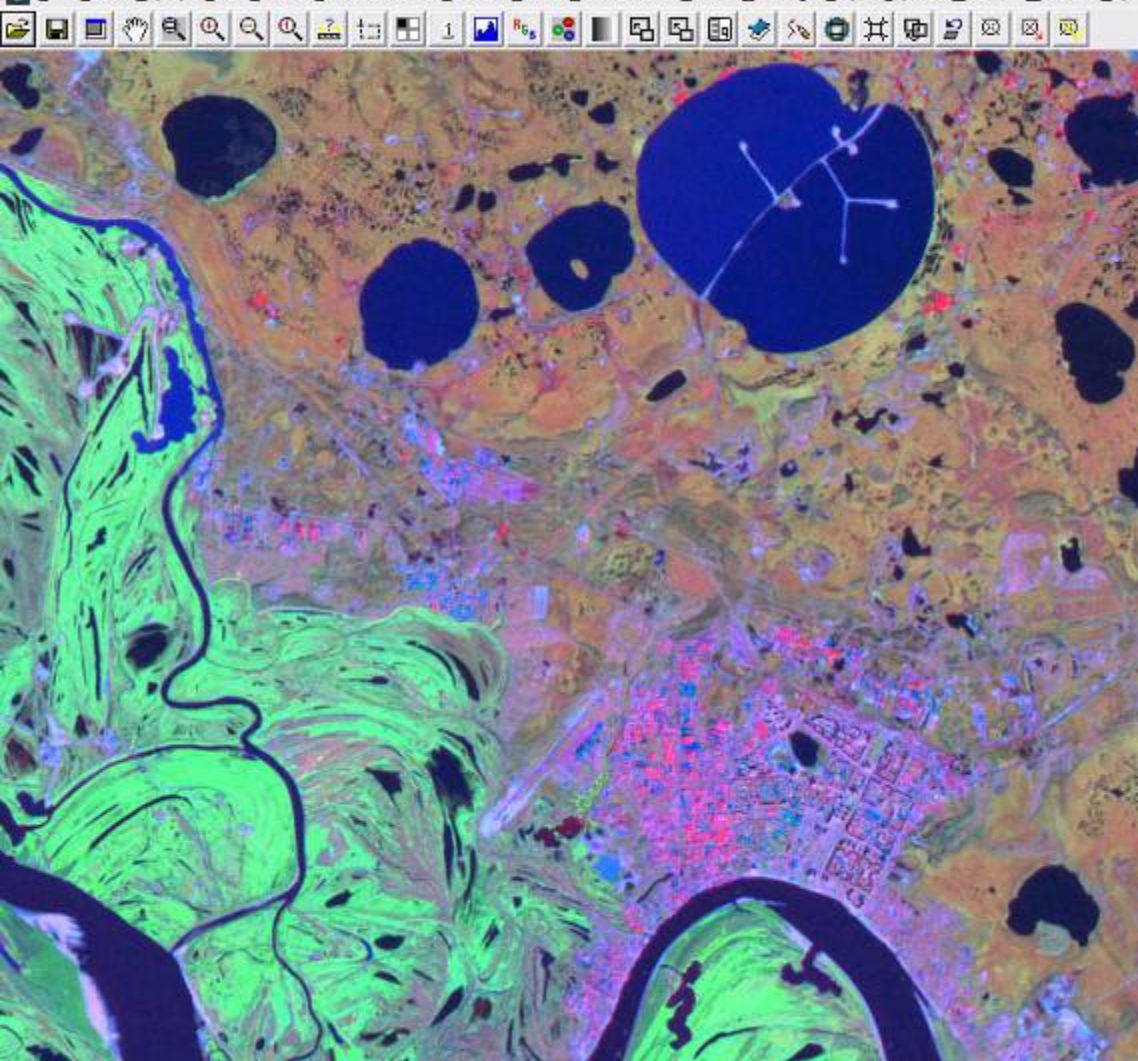
Основные методы дешифрирования космических снимков



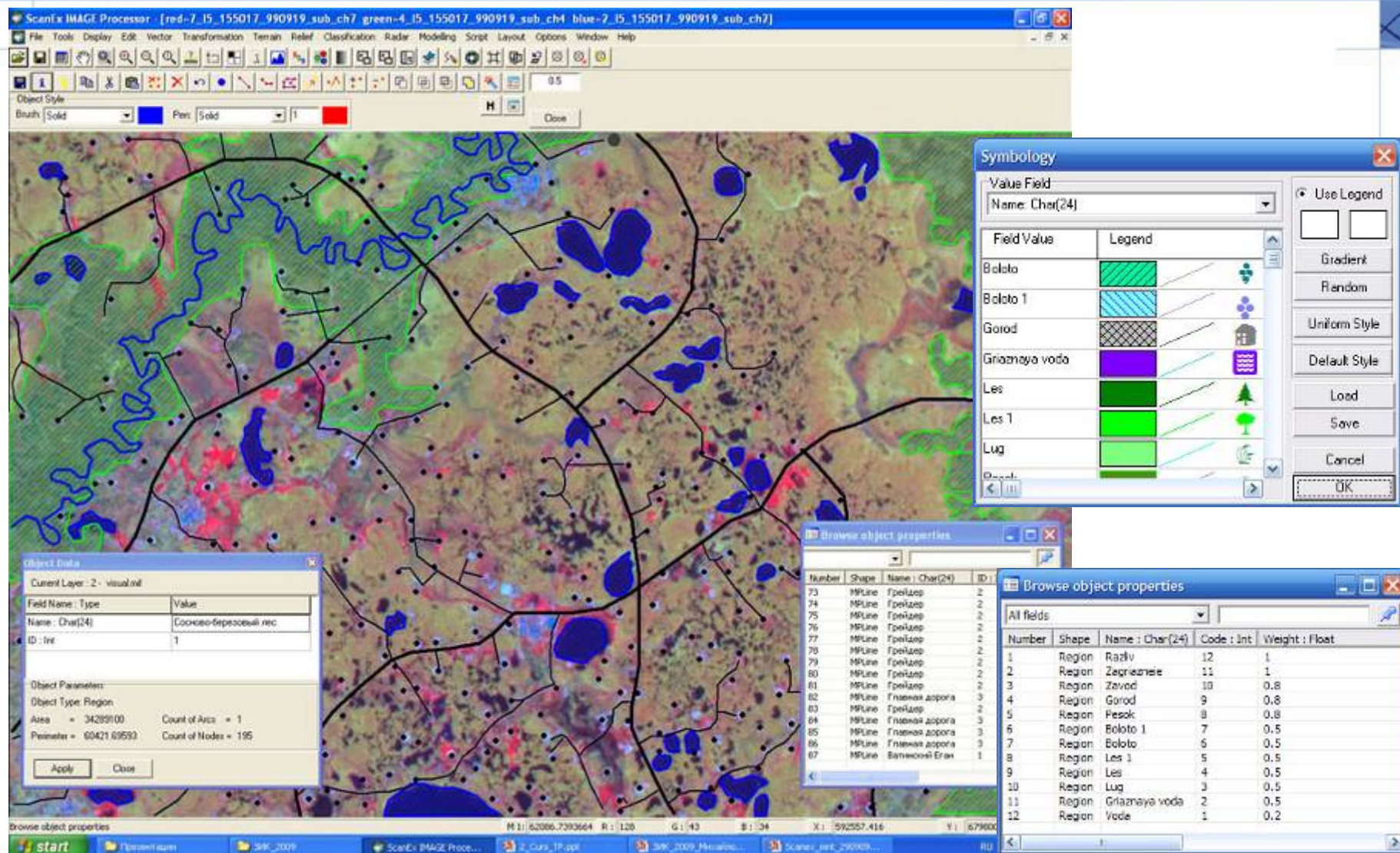
Анализ спектральных характеристик объектов

ScanEx IMAGE Processor - [red-7_155017_990919_ch7 green-4_155017_990919_ch4 blue-2_155017_990919_ch2]

File Tools Display Edit Vector Transformation Terrain Relief Classification Radar Modeling Script Layout Options Window Help



Визуально-интерактивные методы дешифрирования



The screenshot displays the ScanEx IMAGE Processor software interface. The main window shows a map with various features, including roads, rivers, and land use areas. Several dialog boxes are open, providing detailed information about the current layer and object properties.

Object Data Dialog:

Field Name : Type	Value
Name : Char(24)	Сообщество-территориальн. нс
ID : Int	1

Object Parameters:
 Object Type: Region
 Area = 34209100 Count of Arcs = 1
 Perimeter = 60421.61953 Count of Nodes = 195

Symbology Dialog:

Field Value	Legend
Boloto	[Pattern]
Boloto 1	[Pattern]
Gorod	[Pattern]
Griaznaya voda	[Pattern]
Les	[Pattern]
Les 1	[Pattern]
Lug	[Pattern]

Browse object properties Dialog:

Number	Shape	Name : Char(24)	ID
73	MLine	Гридер	2
74	MLine	Гридер	2
75	MLine	Гридер	2
76	MLine	Гридер	2
77	MLine	Гридер	2
78	MLine	Гридер	2
79	MLine	Гридер	2
80	MLine	Гридер	2
81	MLine	Гридер	2
82	MLine	Глиняная дорога	3
83	MLine	Гридер	2
84	MLine	Глиняная дорога	3
85	MLine	Глиняная дорога	3
86	MLine	Глиняная дорога	3
87	MLine	Бетонный Езд	1

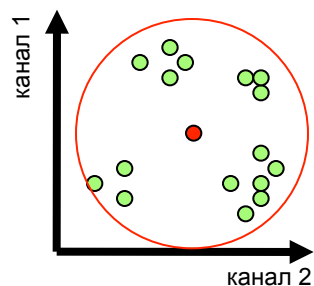
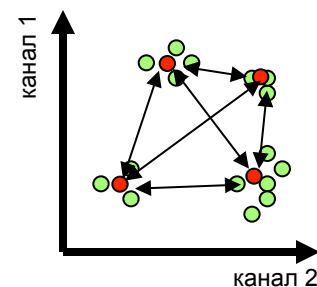
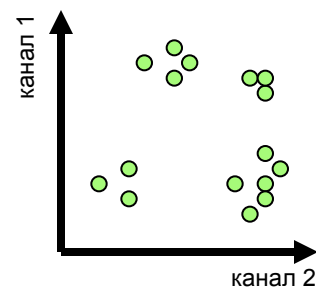
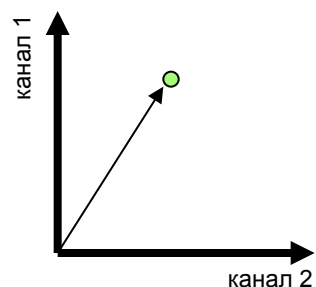
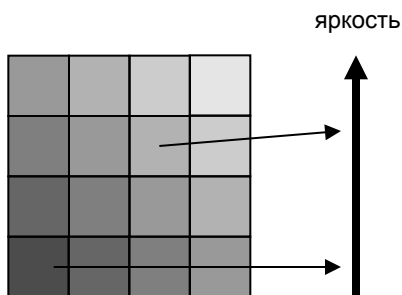
Browse object properties Dialog (All fields):

Number	Shape	Name : Char(24)	Code : Int	Weight : Float
1	Region	Razliv	12	1
2	Region	Zagrieznie	11	1
3	Region	Zavod	10	0.8
4	Region	Gorod	9	0.8
5	Region	Pesok	8	0.8
6	Region	Boloto 1	7	0.5
7	Region	Boloto	6	0.5
8	Region	Les 1	5	0.5
9	Region	Les	4	0.5
10	Region	Lug	3	0.5
11	Region	Griaznaya voda	2	0.5
12	Region	Voda	1	0.2

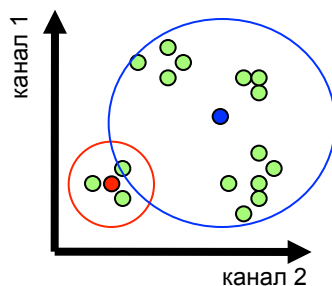
Автоматизированные методы

попиксельная классификация

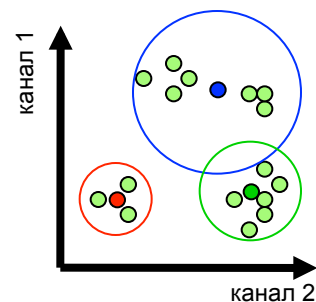
Неуправляемая классификация



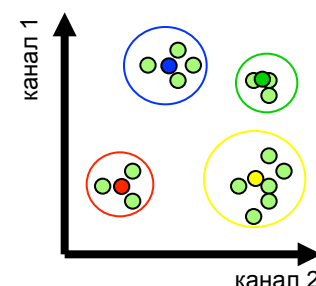
1 класс



2 класса



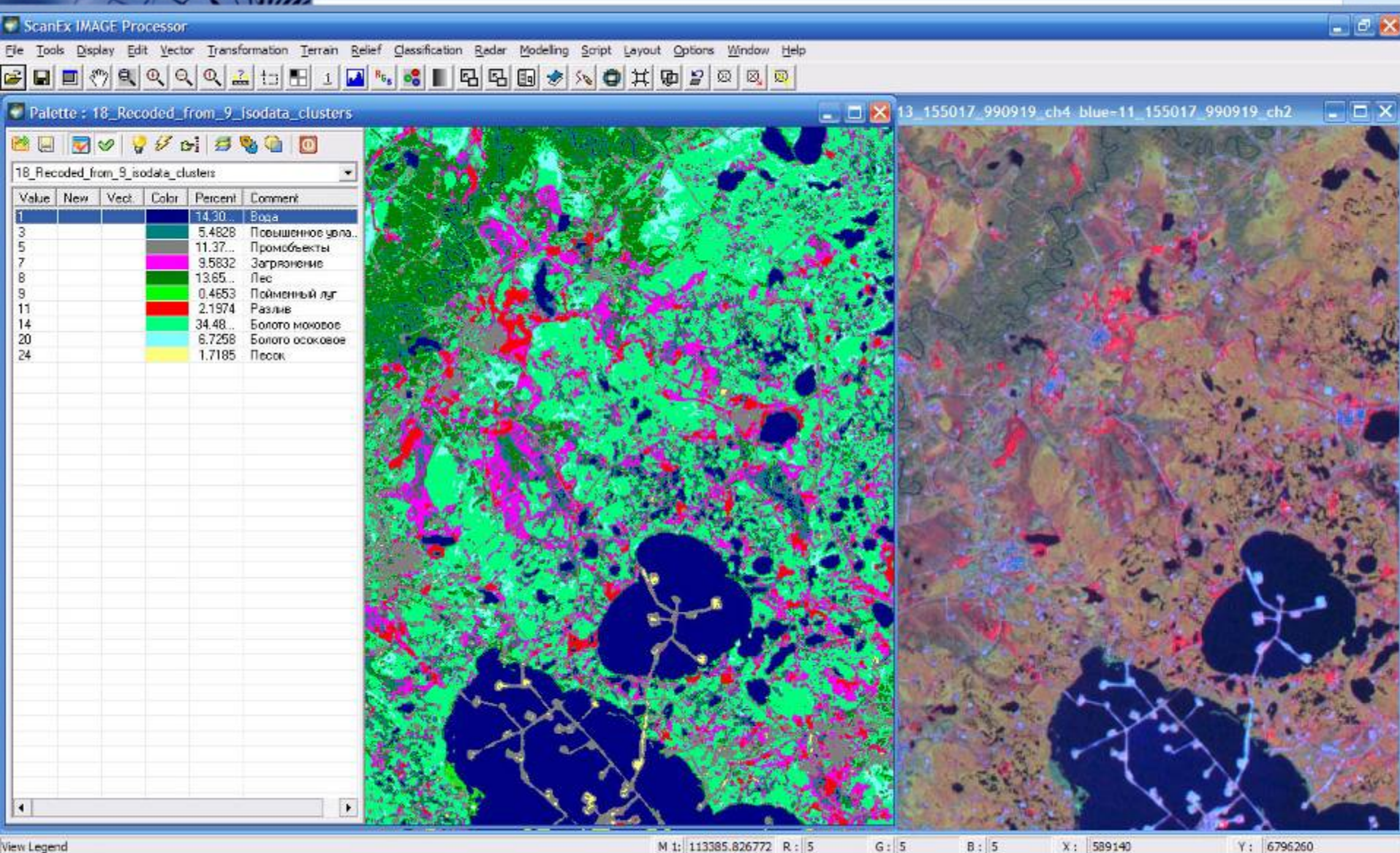
3 класса



4 класса

Если мы используем много каналов, то можем при помощи того же математического аппарата посчитать расстояния в N-мерном пространстве признаков

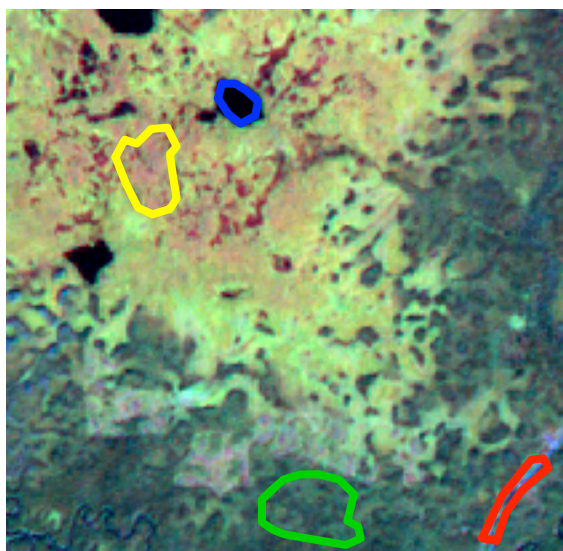
Автоматизированные методы попиксельная классификация Неуправляемая классификация



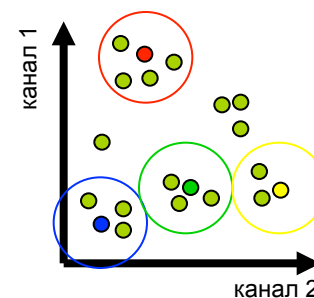
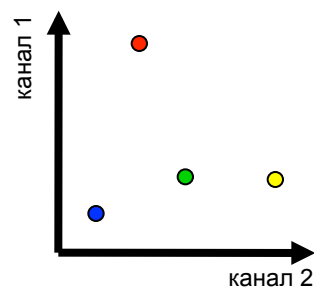
Автоматизированные методы попиксельная классификация

Простая обучаемая классификация

Простая обучаемая классификация основана на том же принципе, с той разницей, что центры «ядер» задаются пользователем, посредством векторного слоя.



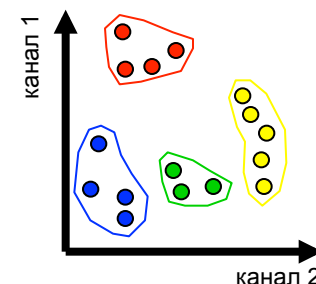
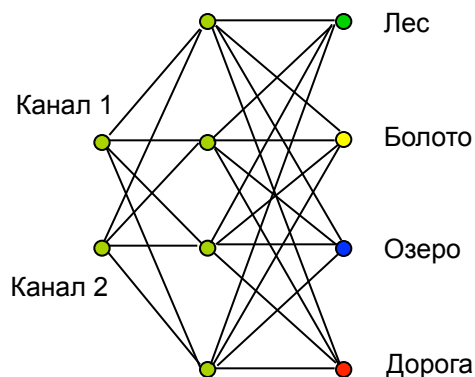
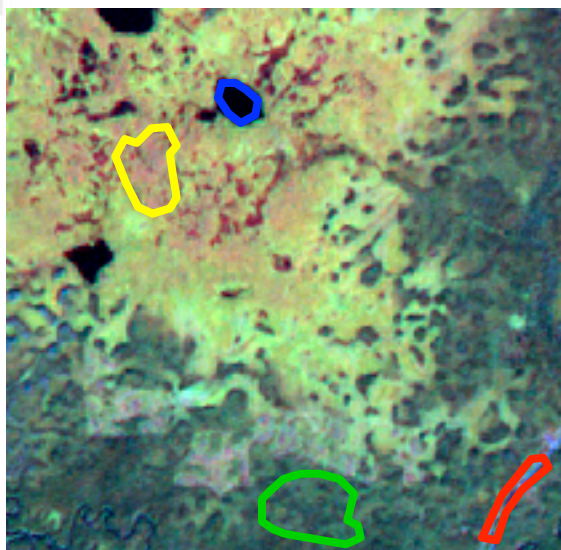
-  Лес
-  Болото
-  Озеро
-  Дорога



Результаты классификации при использовании этого метода напрямую зависят от качества выделения контуров для обучения алгоритма.

Автоматизированные методы попиксельная классификация

Простая обучаемая классификация



При обучении нейронной сети помимо значений яркости используются также веса задаваемых пользователем классов и веса каналов.

При обучении и работе алгоритма оценивается принадлежность пикселя к определенному классу.

Автоматизированные методы попиксельная классификация Простая обучаемая классификация

ScanEx IMAGE Processor

File Tools Display Edit Vector Transformation Terrain Relief Classification Radar Modeling Script Layout Options Window Help

Palette: red=7, 15, 155017, 990919, sub, ch7, green=4, 15, 155017, 990919, sub, ch4, blue=2, 15, 155017, 990...

9_MNclasses

Value	New	Vect.	Color	Percent	Comment
1				10.17...	Болото осока
2				29.36...	Болото мохо...
3				9.1272	Разлив нефти
4				0.7528	Песок
5				2.4024	Пойменный л...
6				9.0501	Лес
7				21.59...	Загрязнение
8				17.53...	Вода

Лес

Вода

Разлив нефти

Промышлен...

Загрязнение

Болото моховое

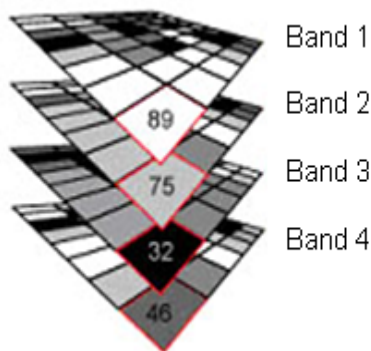
Бrowse object properties

Number	Shape	Name : Char(24)	ID : Int
1	Region	Болото осока...	1
2	Region	Болото мохо...	2
3	Region	Разлив нефти	3
4	Region	Песок	4
5	Region	Пойменный луг	5
6	Region	Лес	6
7	Region	Загрязнение	7
8	Region	Промышлен...	8
9	Region	Повышенное ...	9
10	Region	Вода	10

M 1: 113987.747766 R: 134 G: 53 B: 35 X: 590022.9 Y: 6797623.6

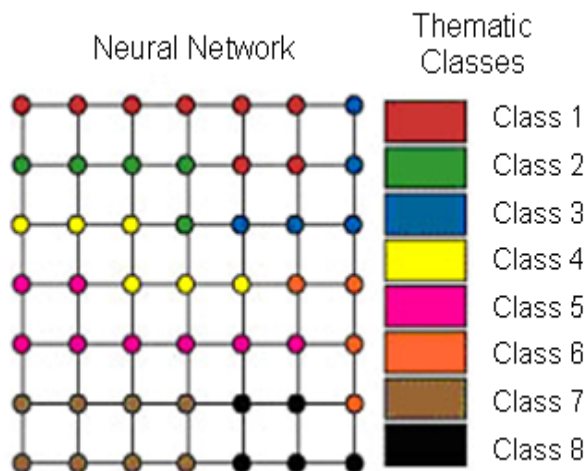
WWW.SCANEX.COM

Автоматизированные методы Самоорганизующиеся отображения

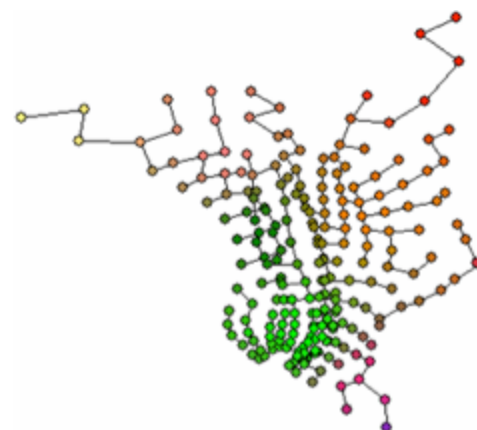


Основная идея:

Пиксели отображаются на плоскости нейронной сети так, чтобы пиксели с одинаковыми характеристиками были расположены в локальной окрестности.



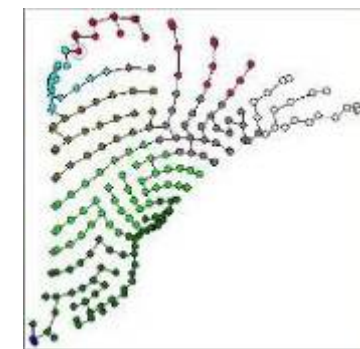
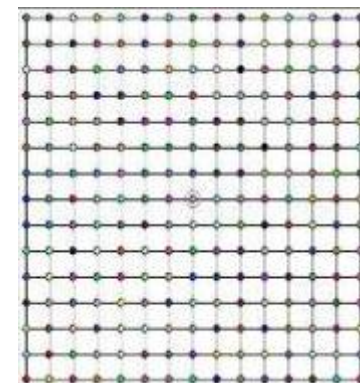
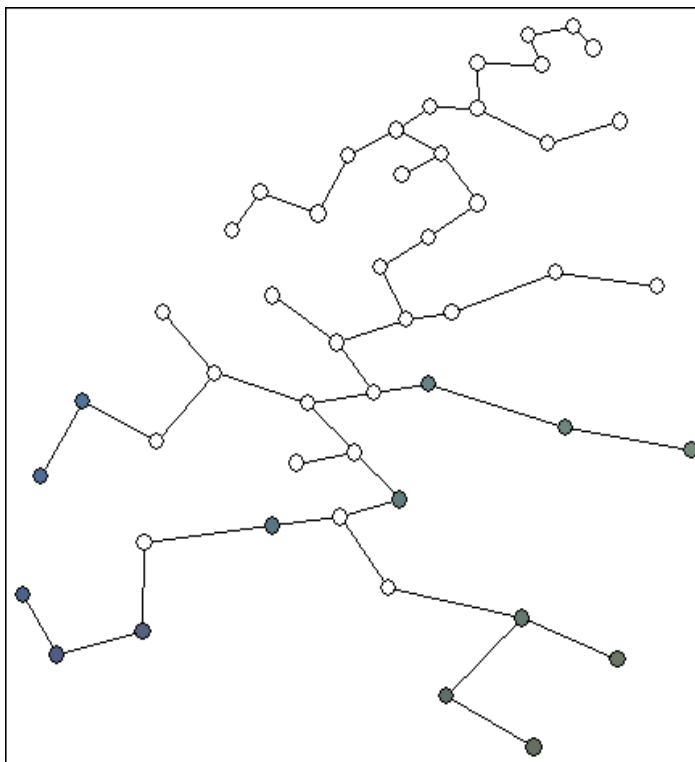
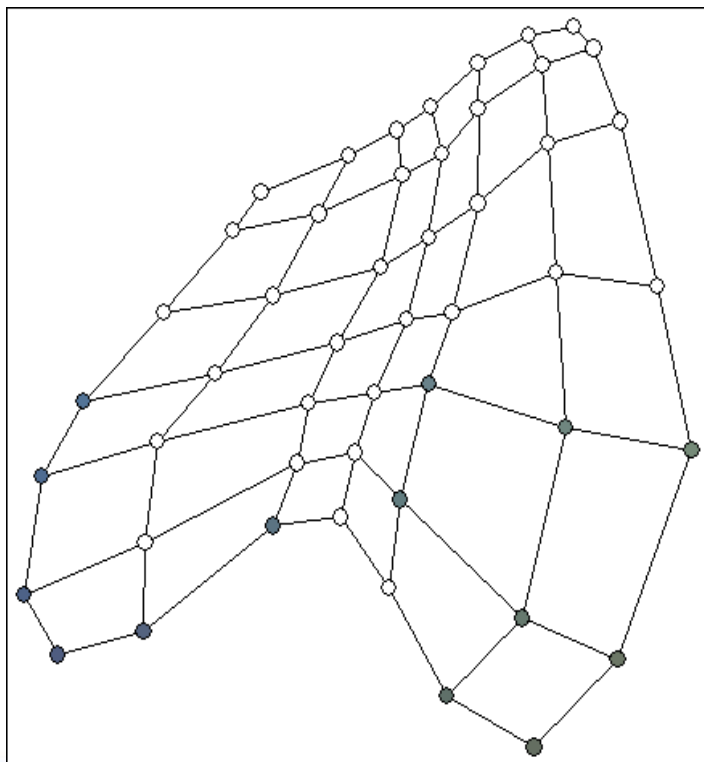
Classified Raster Image



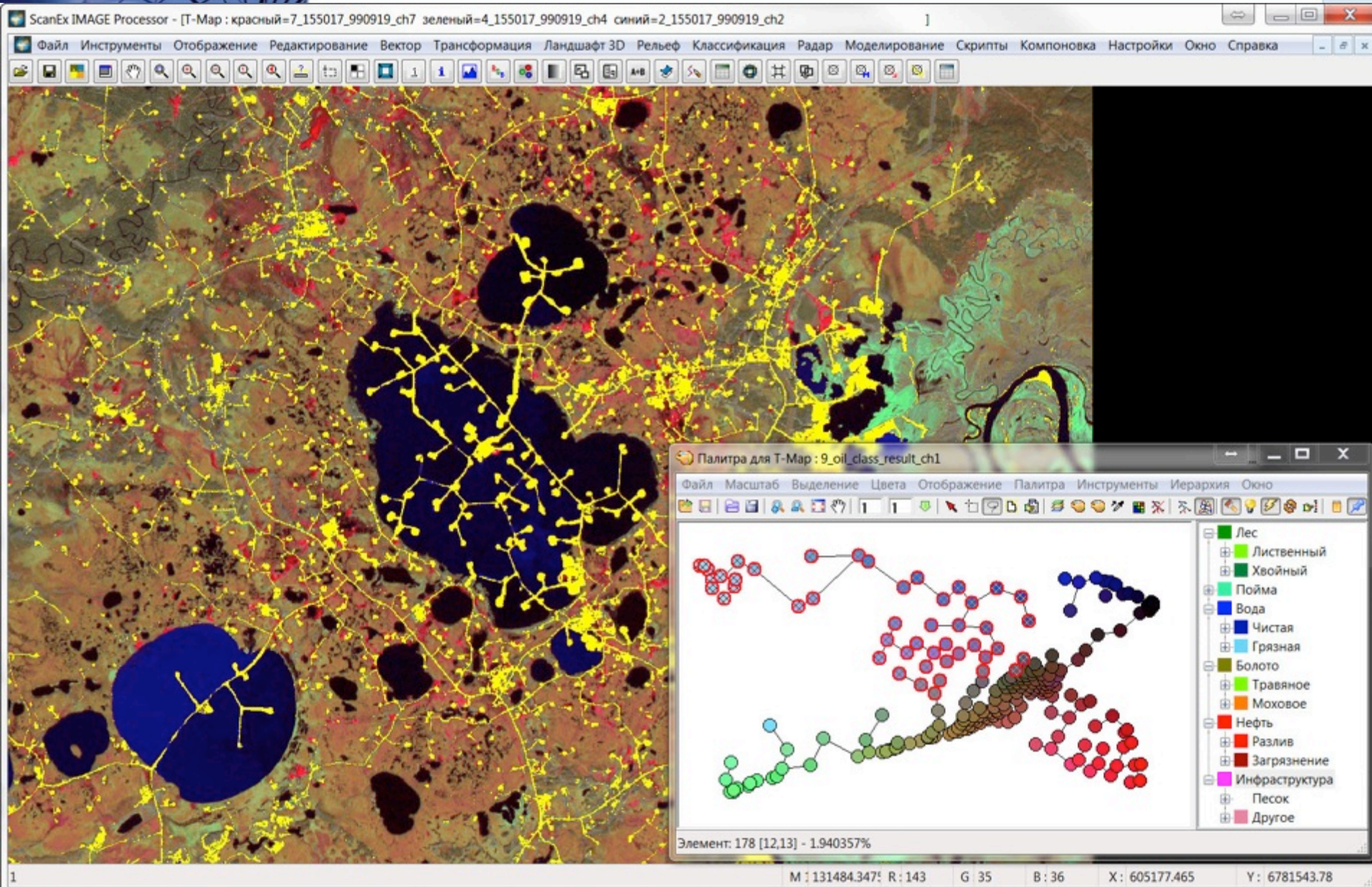
Автоматизированные методы Самоорганизующиеся отображения

Отображение Сэммона:

Исходная регулярная нейронная сеть (т.е. изначально прямоугольная) затем отображается в виде остового дерева с указанием соединений между отдельными нейронами (классами), их соседство говорит об их спектральной близости, а расположение на одной ветке подразумевает одинаковое пространство признаков.



Автоматизированные методы Анализ результатов работы нейронной сети



Автоматизированные методы

Тематическая калибровка нейронных сетей

ScanEx IMAGE Processor - [Т-Мар : красный=7_155017_990919_ch7 зеленый=4_155017_990919_ch4 синий=2_155017_990919_ch2]

Файл Инструменты Отображение Редактирование Вектор Трансформация Ландшафт 3D Рельеф Классификация Радар Моделирование Скрипты Компонка Настройки Окно Справка

Тематическая палитра

Тип палитры
☐ Распред. отдельного класса ☒ Распред. всех классов

ГрадIENTная палитра

Доля выбранного класса элемента

Тематический класс ☒ Среди всех классов элемента

1

☐ Среди выбранного класса по всем элементам

Контраст (показатель степени) 1.0

Диапазон

Мин 0.0000000000 Мин.применения 0.0000000000

Макс 0.9770114943 Макс.применения 1.0000000000

☒ Использовать палитру только для элементов в заданном диапазоне

☐ Применить только к выделенным элементам

Палитра Выделить Применить

Выбирать класс с максимальной долей по всем сеткам элемента

Кл...	Ц...	Мин.при...	Мин.при...	Макс.пр...
1	0	0.0060976	0.9770115	
2	0	0.0077519	1.0000000	
3	0	0.0099010	1.0000000	
4	0	0.0192308	1.0000000	
5	0	0.9807692	1.0000000	
6	0	0.0294118	1.0000000	

☐ Применить только к выделенным элементам

Случайные цвета

Создать иерархию Выделить Применить

Закреть

Изменение тематической калибровки

Внести изменения
☒ в выбранных элементах ☐ во всех элементах

Класс 1

Проценты 17.96

☐ Уровнять количество классов в элементах

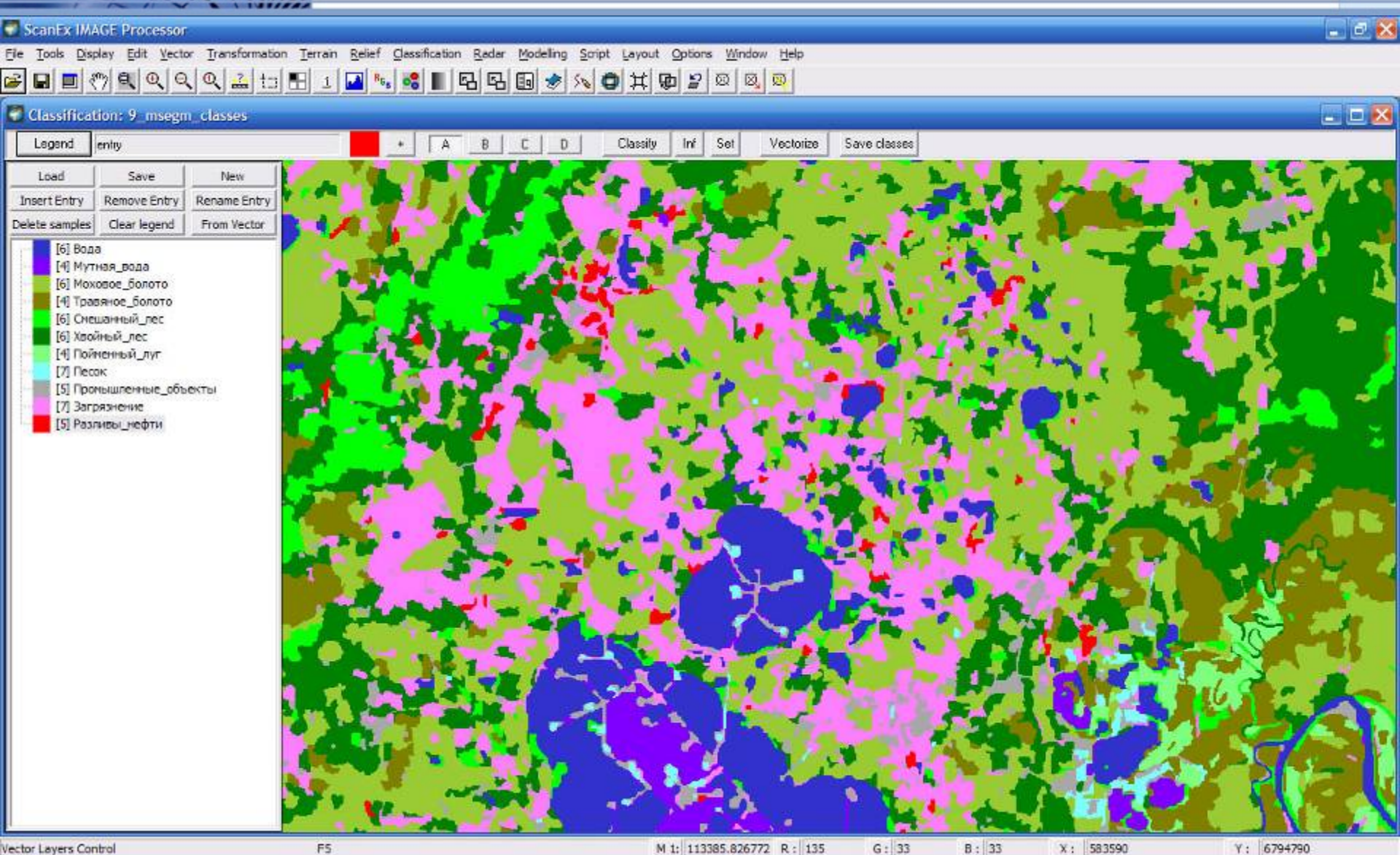
Сброс Применить Закреть

Палитра для Т-Мар : крас

Файл Масштаб Выделен

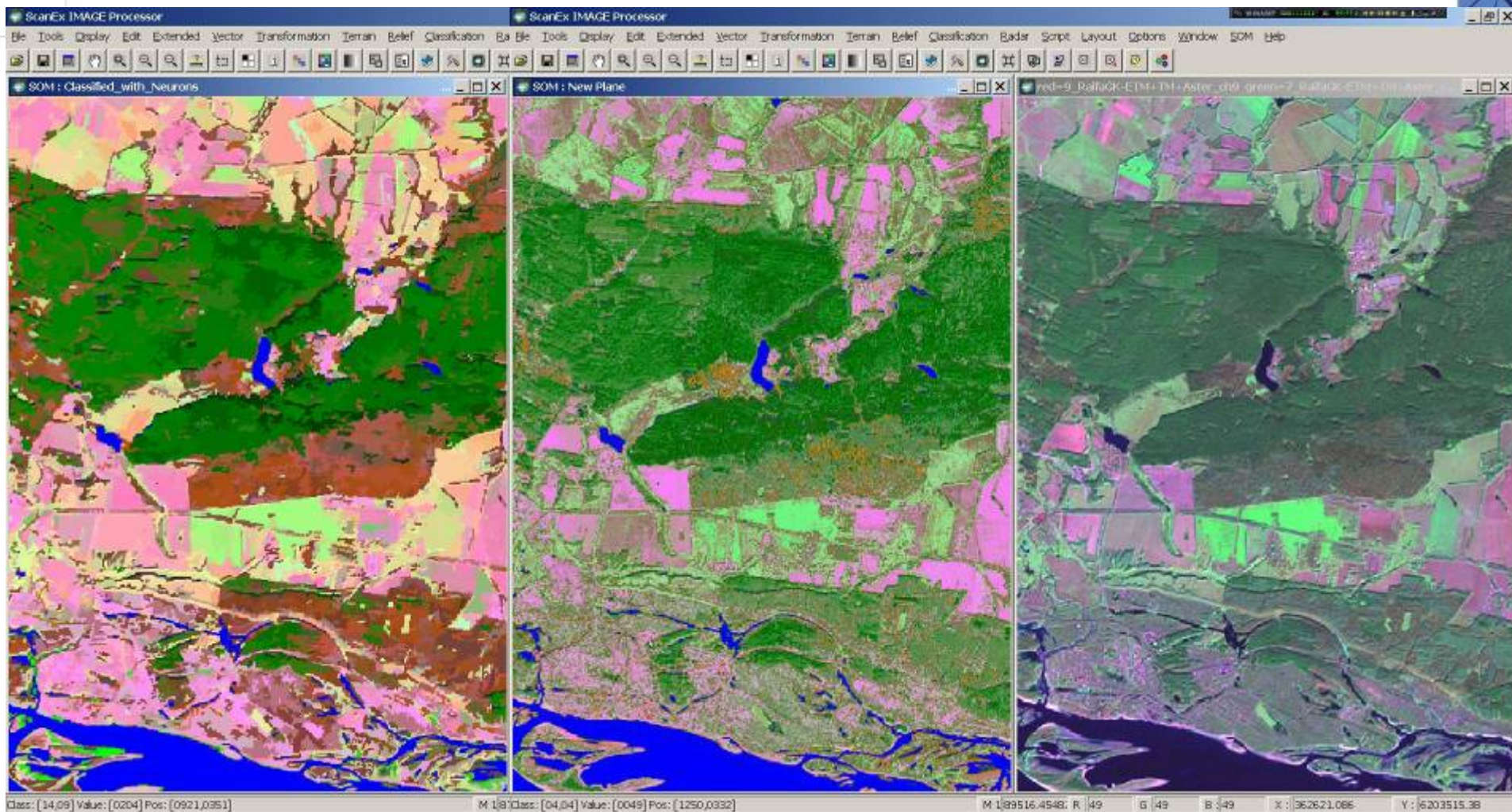
Элемент: 172 [12,07] - 0.197359%

Автоматизированные методы Объектно-ориентированные Сегментация изображений



Автоматизированные методы

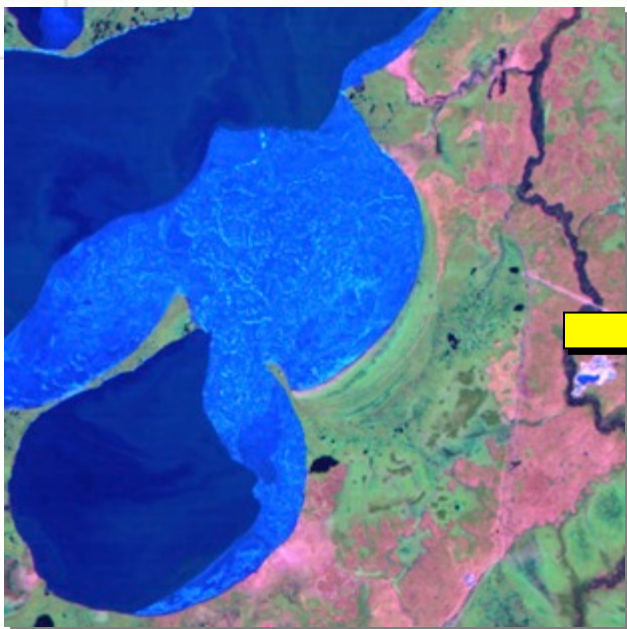
Примеры результатов классификаций



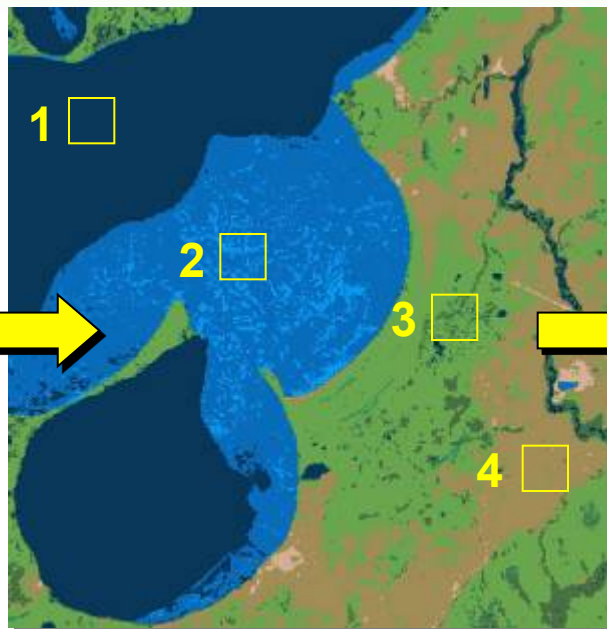
Исходное изображение (справа) и результат классификации нейронной сетью (слева) После предварительной сегментации

Автоматизированные методы

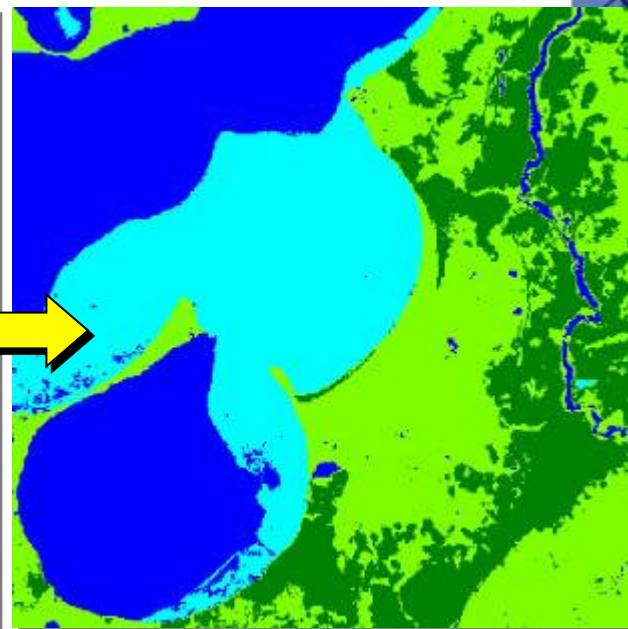
Текстурный анализ



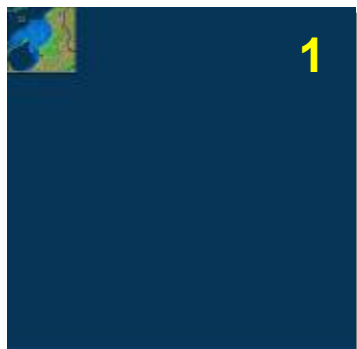
Исходный снимок



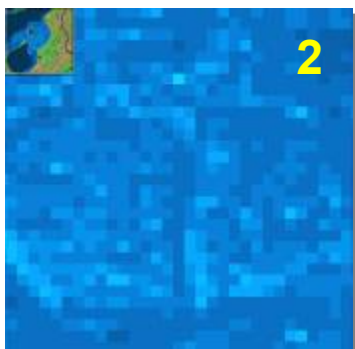
Результат попиксельной
классификации



Результат текстурного анализа



Вода



Лед

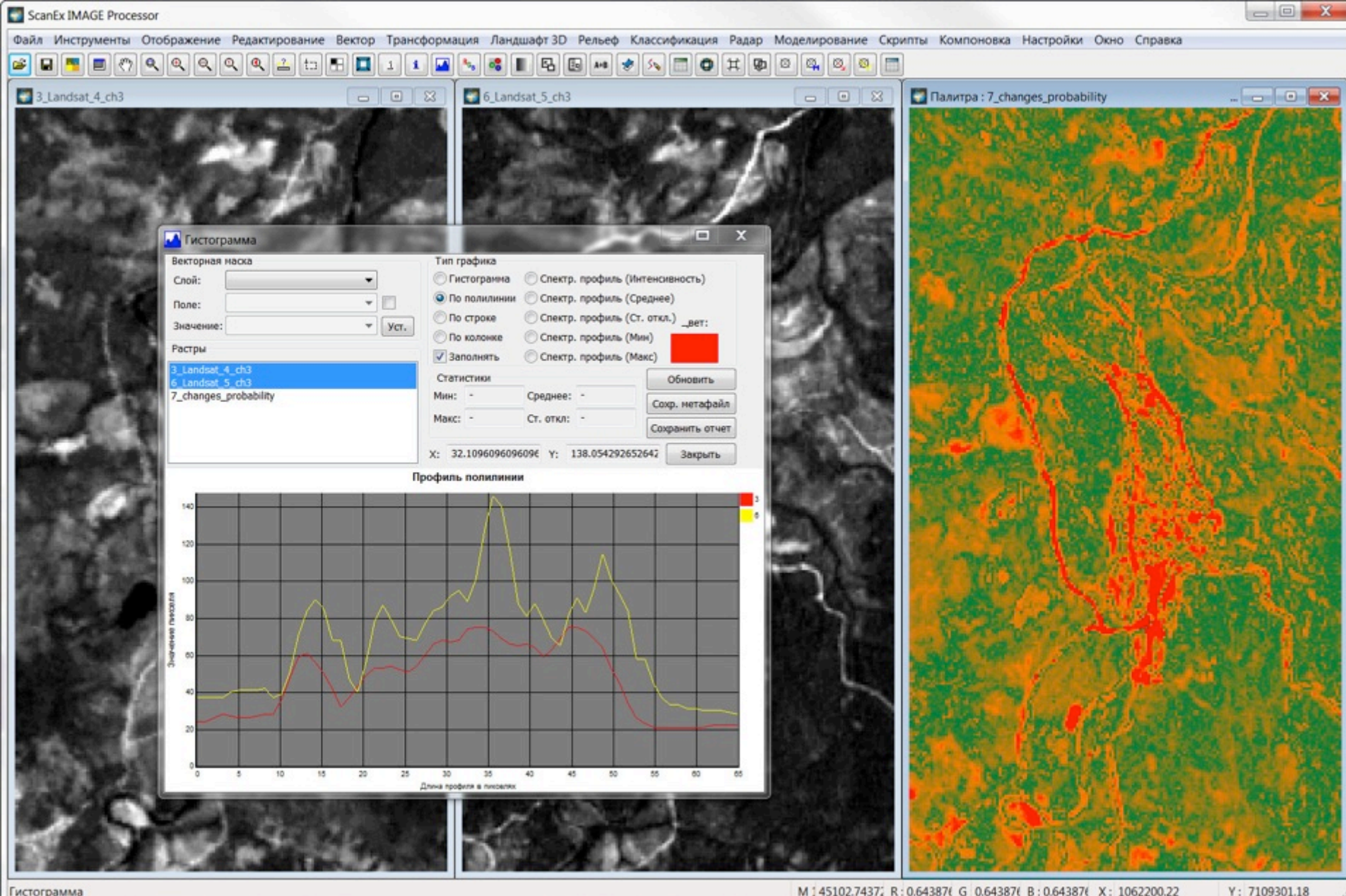


Болото

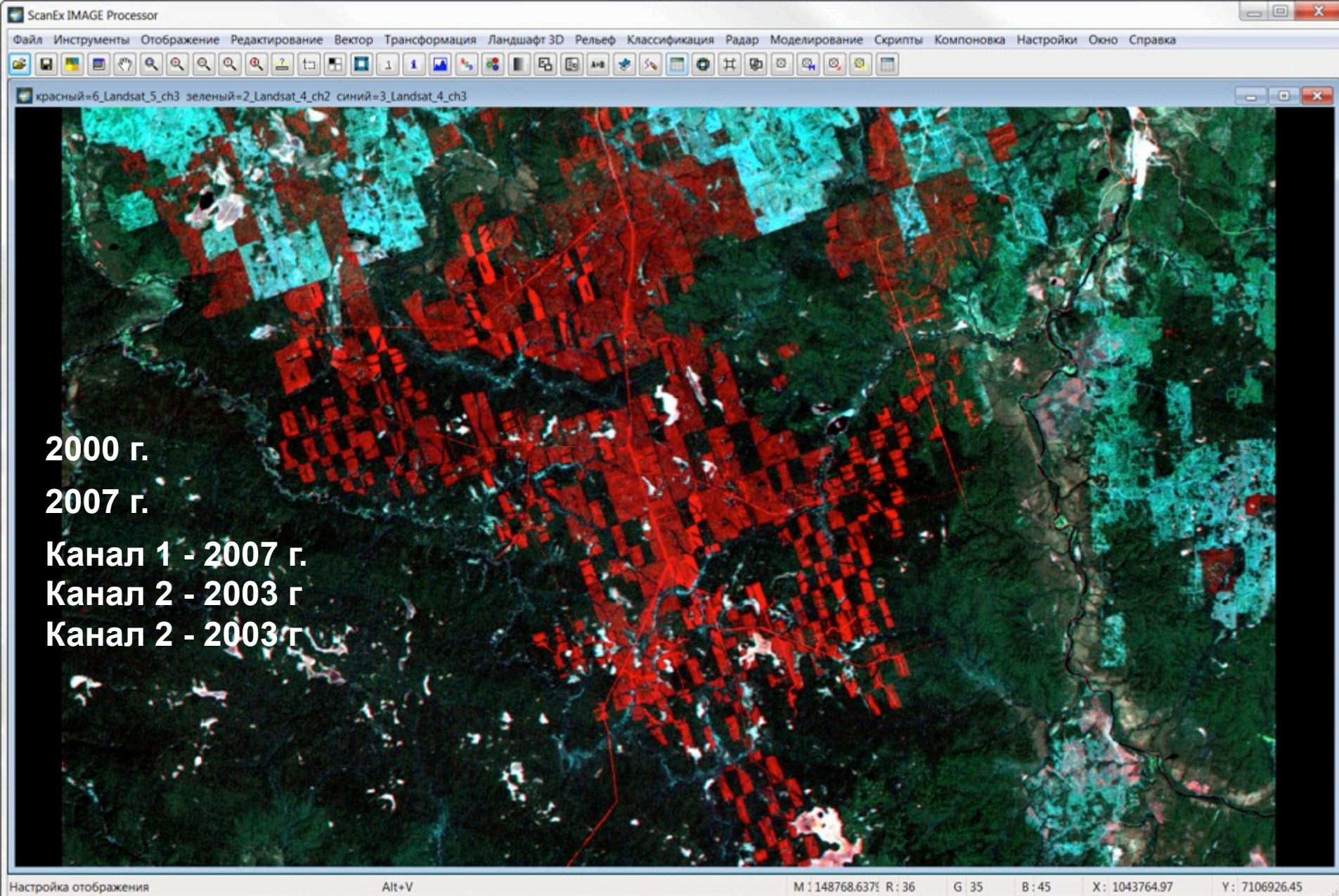


Лес

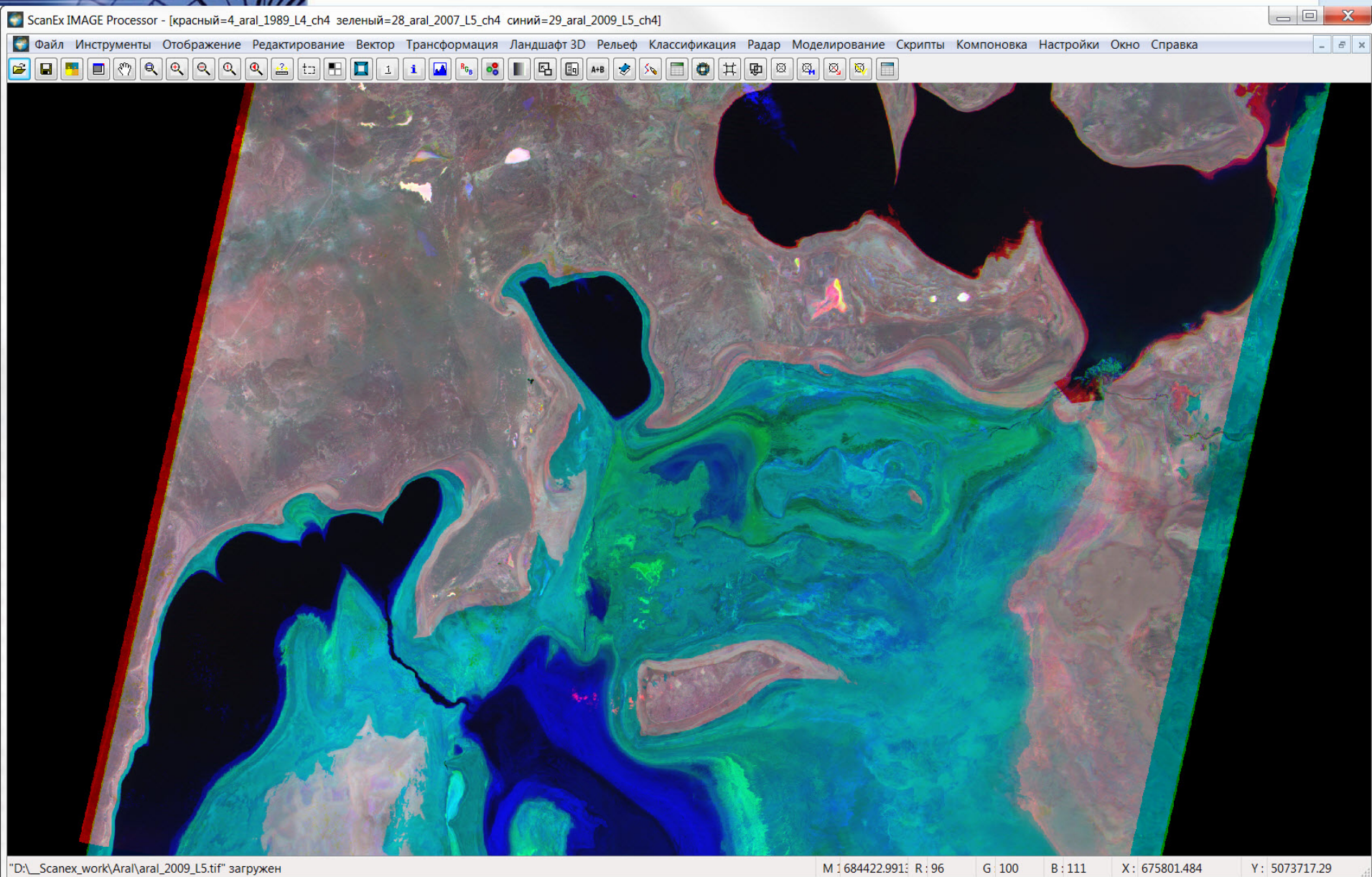
Автоматизированные методы Анализ изменений (Change Detection)



Автоматизированные методы Мультивременной анализ



Автоматизированные методы Мультивременной анализ



Автоматизированные методы

Расчет индексов, математические операции с растрами

ScanEx IMAGE Processor

Файл Инструменты Отображение Редактирование Вектор Трансформация Ландшафт 3D Рельеф Классификация Радар Моделирование Скрипты Компонка Настройки Окно Справка

красный=10_L5172026_02620090625_B30_ch1 зеленый=9_L5172026_02620090625_B20_... Палитра : 14_After_NDVI

Исходный снимок

Результат расчета NDVI

Создание градиентной палитры

Клик-изменения цвета: 0.788485

См-Клик - вставка новых узлов, Del - удаление

☒ Интерполировать цвета между узлами

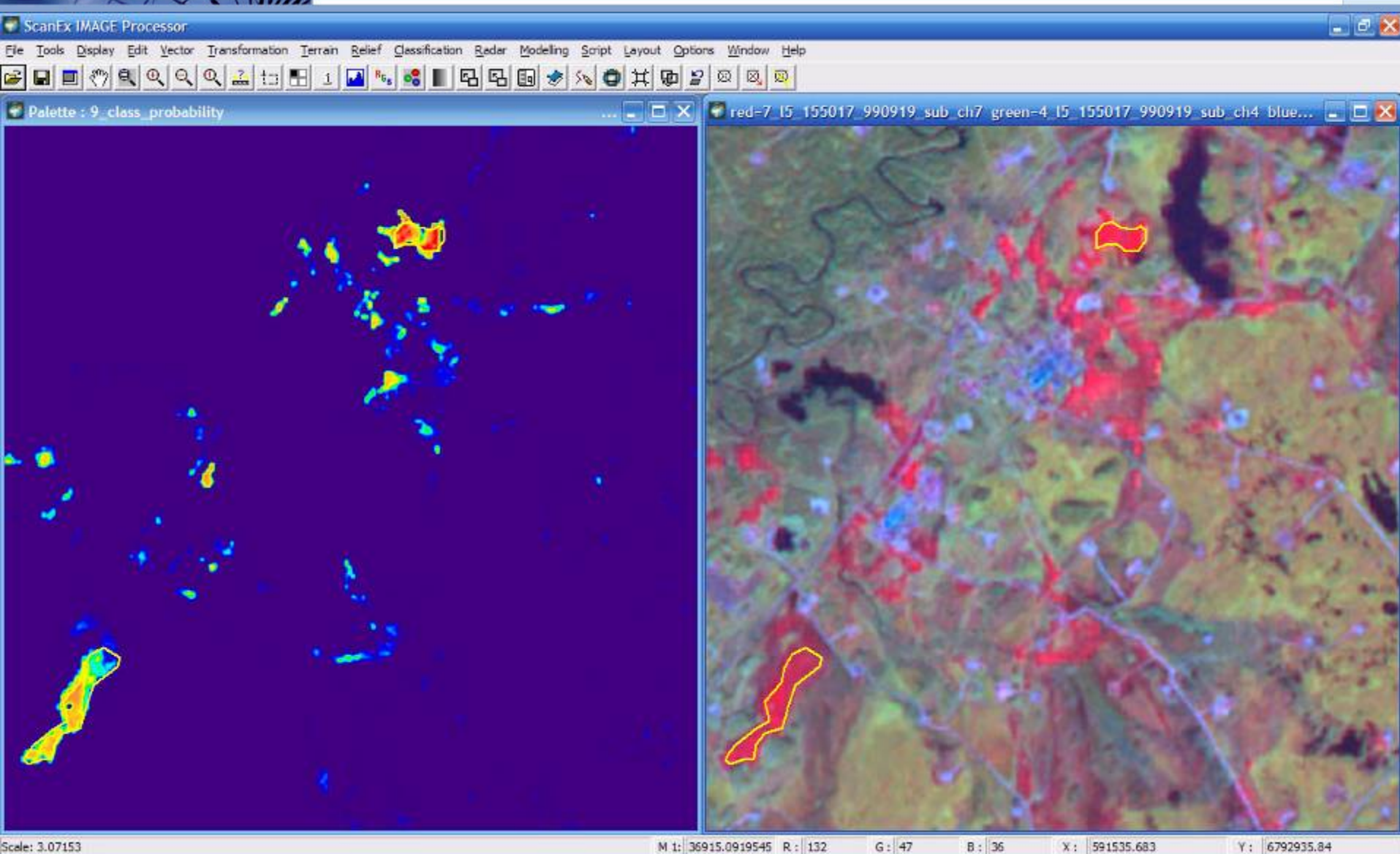
Диапазон: ☐ Диапазон раstra Минимум: 0 Максимум: 0.788485

Цвет вне диапазона Цвета краев

Ручное перемещение Ctrl+P M: 1434652.132 R: 55 G: 47 B: 95 X: 456946.641 Y: 5401168.75

Автоматизированные методы

Бинарная классификация



ScanEx IMAGE Processor - [Палитра : 10_SOM_Hierarchy_Classes]

Файл Инструменты Отображение Редактирование Вектор Трансформация Ландшафт 3D Рельеф Классификация Радар Моделирование Скрипты Компоновка Настройки Окно Справка

Стиль объекта
Заливка: Сплошная Контур: Непрерывный 1 Заккрыть

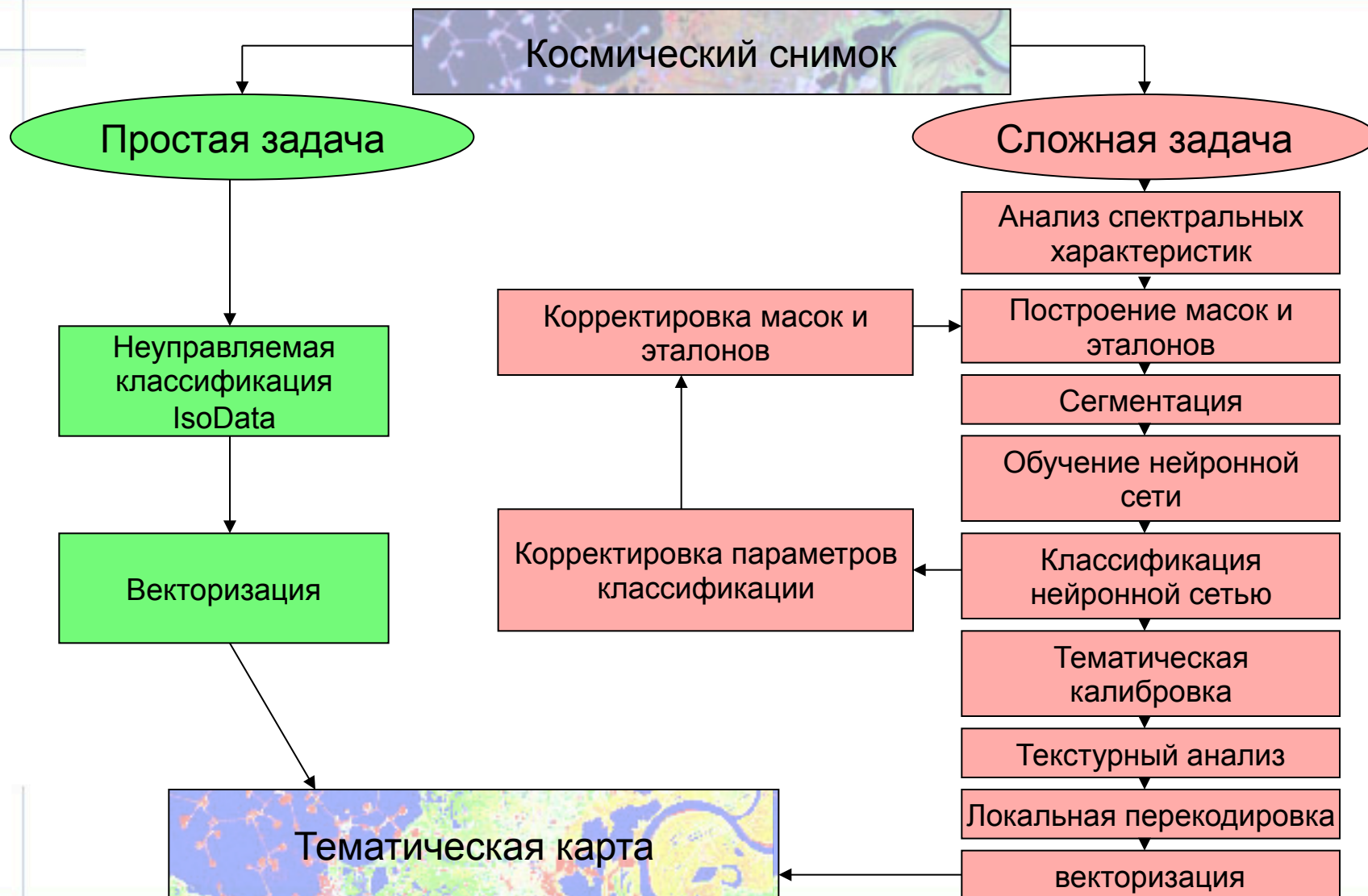
10_SOM_Hierarchy_Classes

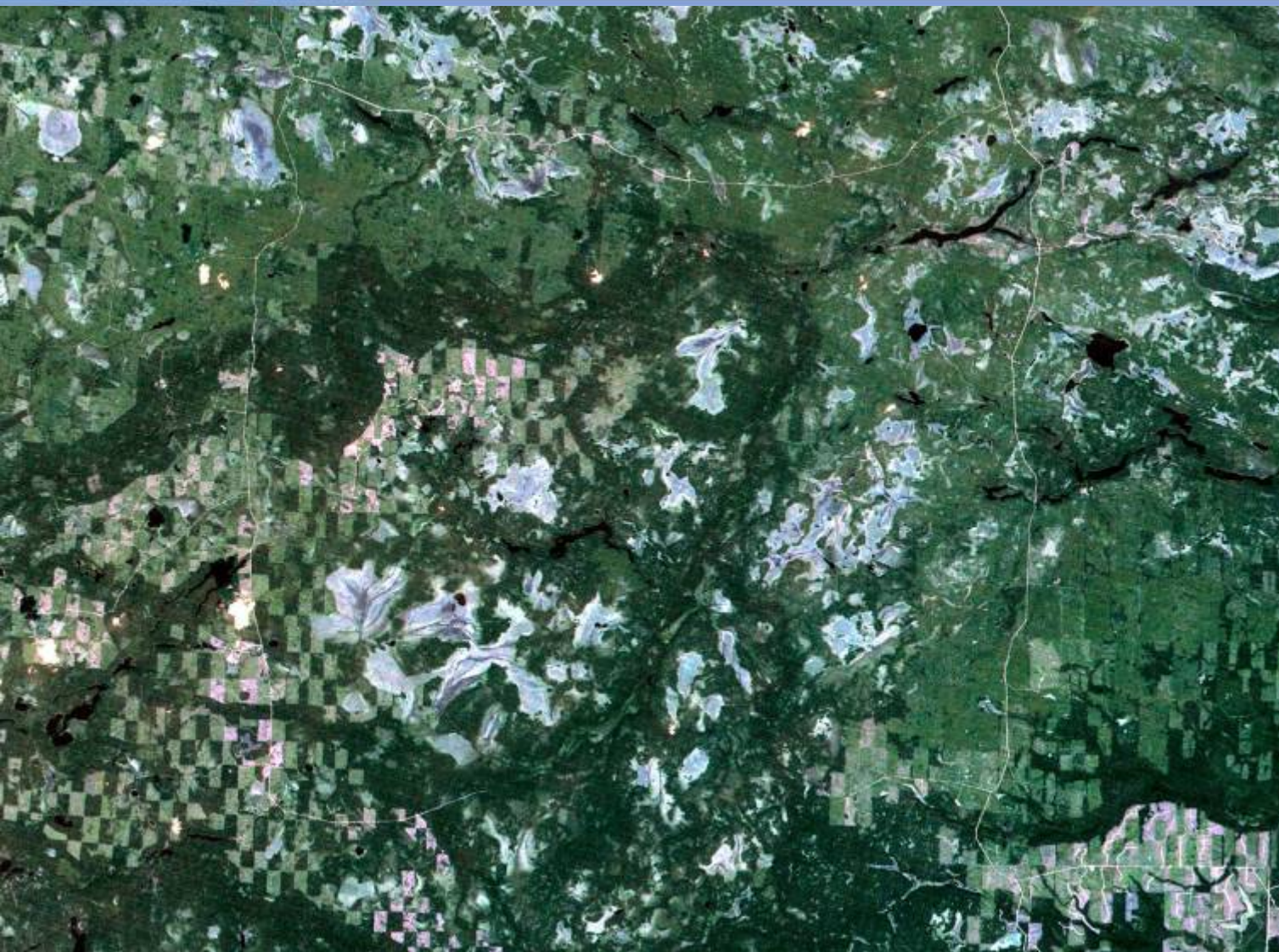
Зн...	Но...	Ве...	Цв...	Про...	Комментарий
2				7.48...	Лиственный
3				9.50...	Хвойный
4				8.34...	Пойма
6				10.8...	Чистая
7				0.80...	Грязная
9				12.2...	Травяное
10	17			36.7...	Моховое
12	17			1.55...	Разлив
13	17			3.15...	Загрязнение
15	17			0.69...	Песок
16	17			6.46...	Другое
17				2.06...	Город

«Построение пирамид для '10_SOM_Hierarchy_Classes'» выполнено (70 мс)

M: 133099.890 R: 10 G: 10 B: 10 X: 580404.606 Y: 6767138.53

Технологические цепочки тематической обработки ДДЗ





1986, L5

1988, L4

1997, Resource

1999, Resource

2001, L7

2004, Liss

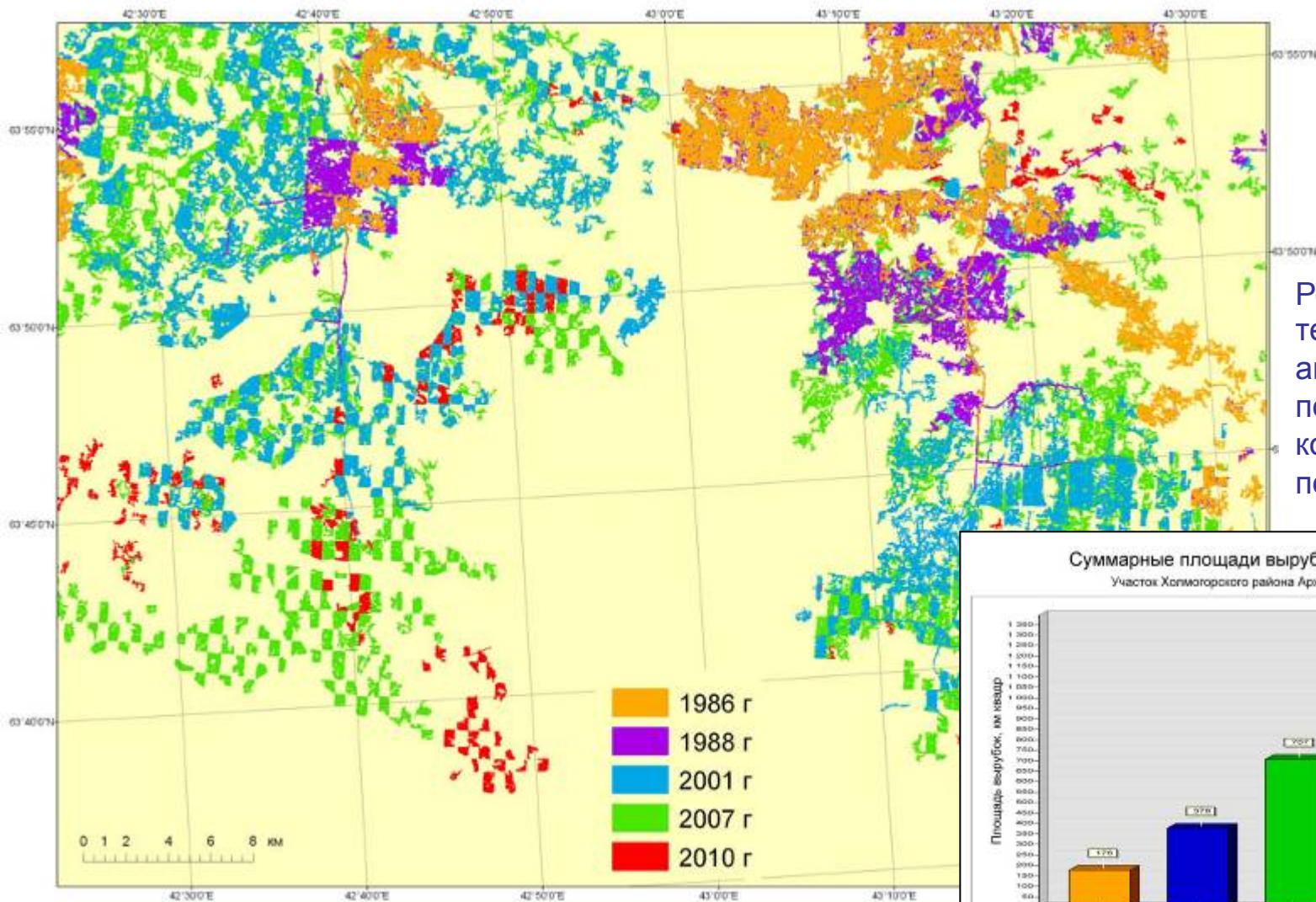
2010, L5

**Мониторинг
состояния
лесного покрова.**

Контроль рубок.

**Оперативное
получение
достоверной
информации
о состоянии
территории**

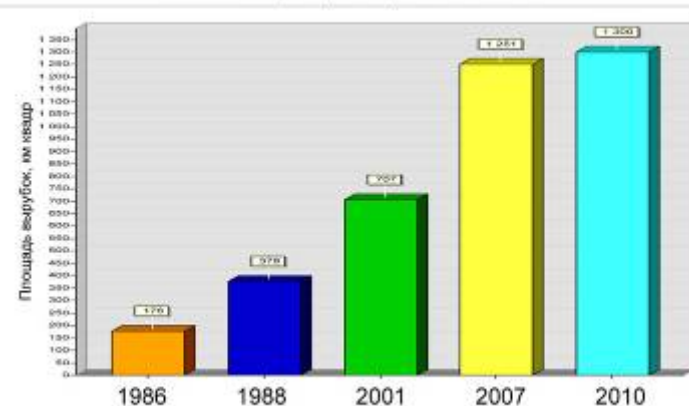
Применение ДДЗ в лесном хозяйстве



1986
1988
2001
2007
2010

Результаты
тематического
анализа ДДЗ –
получение
количественных
показателей

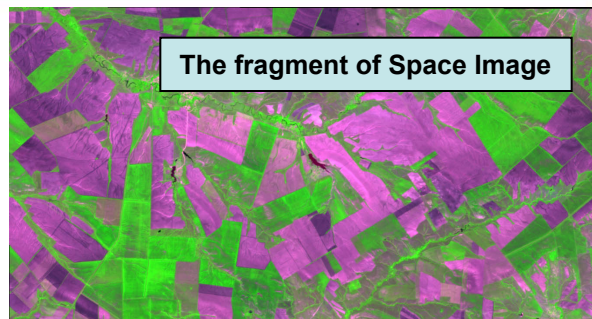
Суммарные площади вырубок с 1986 по 2010 гг
Участок Холмогорского района Архангельской области



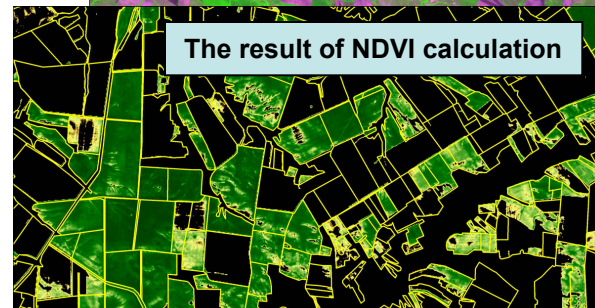
Холмогорский район Архангельской области



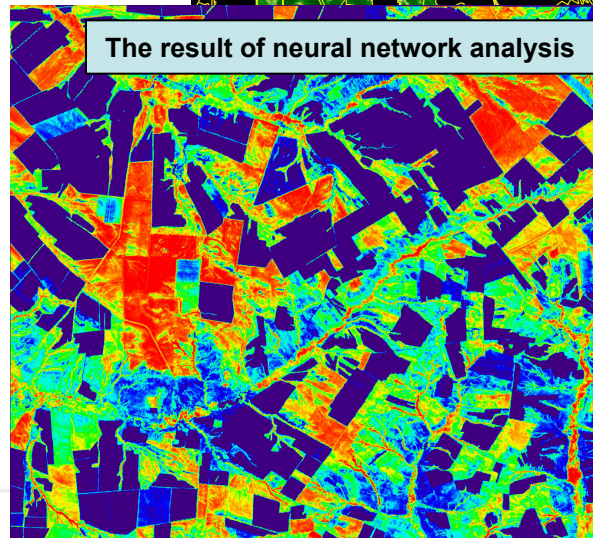
DMC-2 (fragment)
Russia, Novosibirsk region



The fragment of Space Image



The result of NDVI calculation



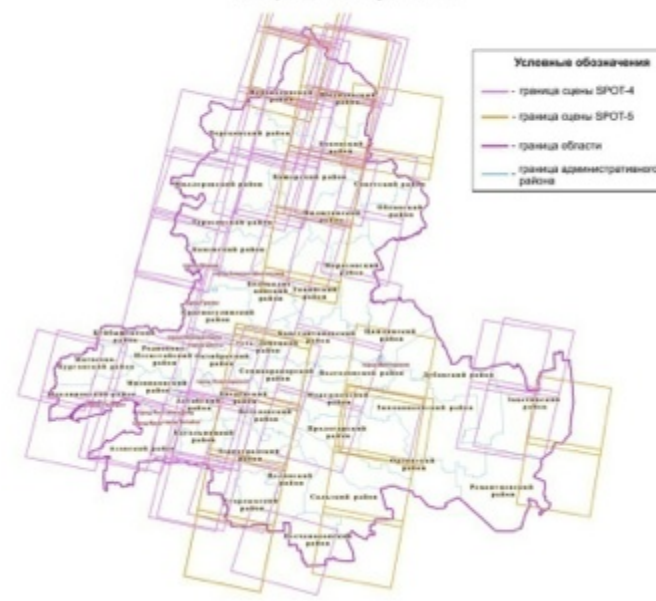
The result of neural network analysis

ление Ростовской области снимками IRS-P6 AWiFS
за период июнь-август 2009 г.

Использование данных с разных космических аппаратов позволило существенно повысить периодичность мониторинга и улучшить пространственную точность полученных результатов



Схема покрытия Ростовской области сценами SPOT-4, SPOT-5
за период май-август 2010 г.

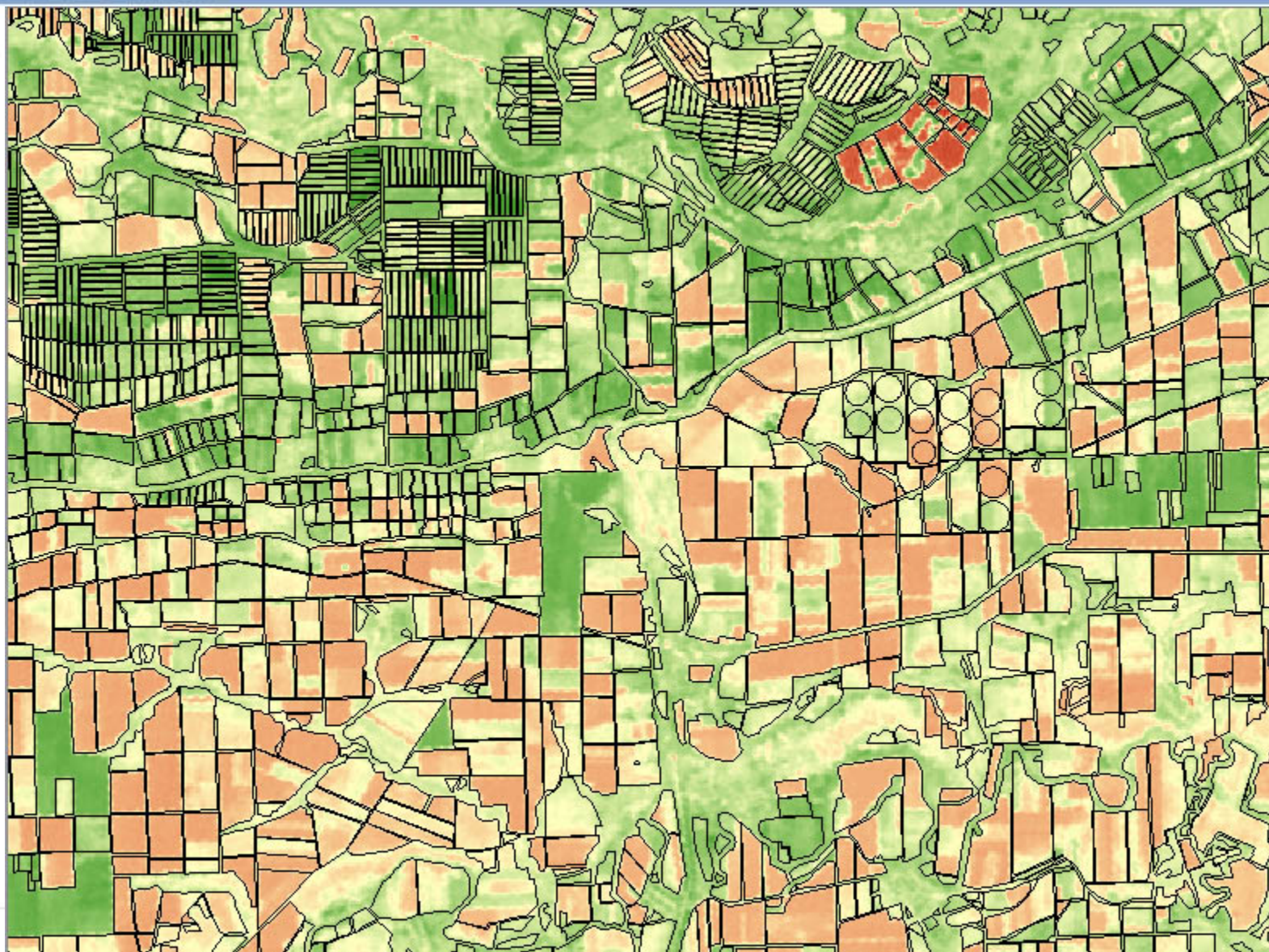


Ростовская область.
Площадь – 100 800 км²

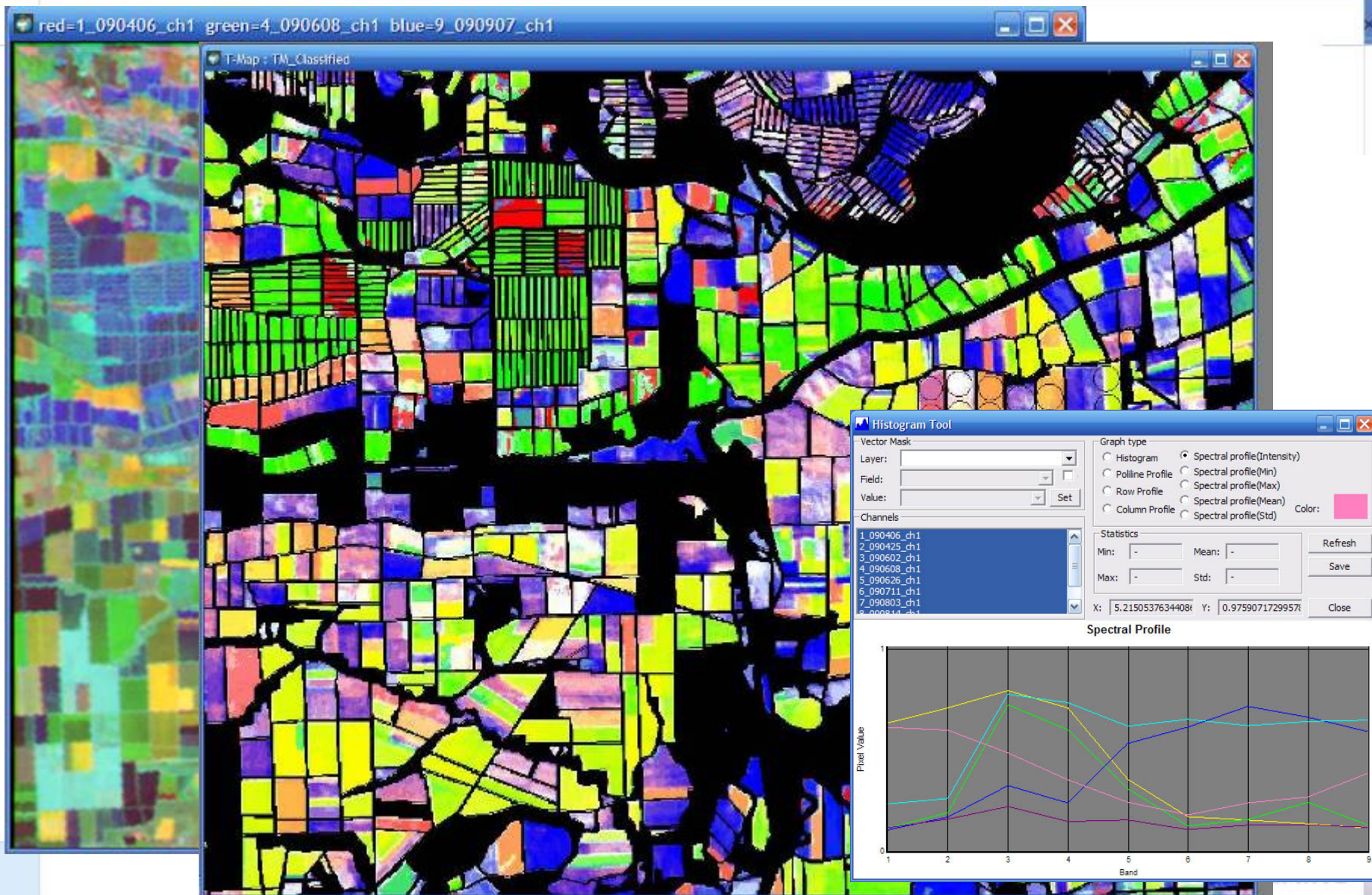
Изменение состояния сельхозугодий Ростовской области с апреля по сентябрь 2009 г.



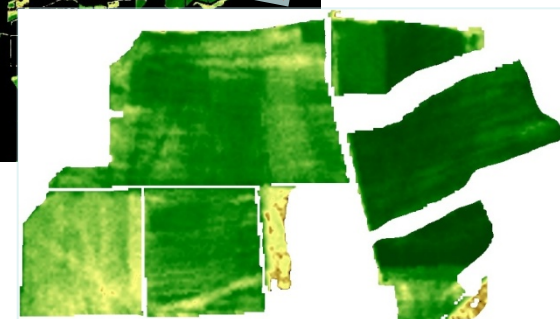
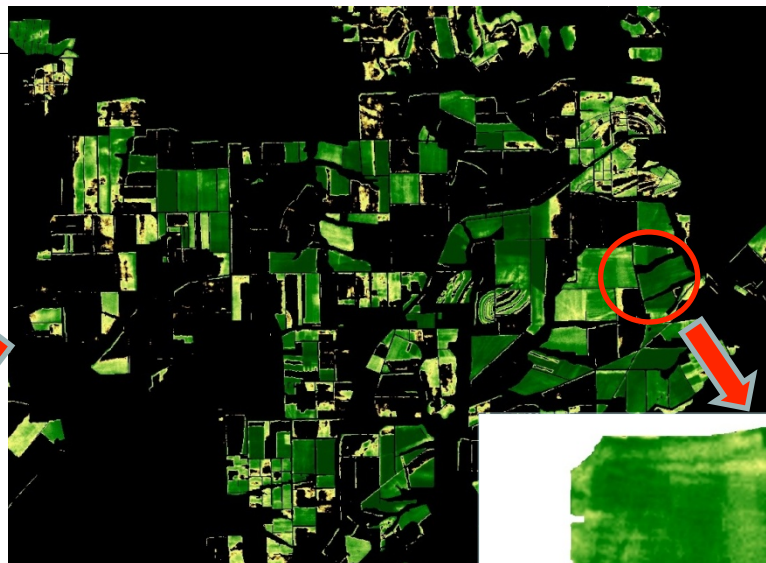
Изменение состояния сельхозугодий Ростовской области с апреля по сентябрь 2009 г. (NDVI)



Анализ результатов мониторинга (мультивременной анализ)



Аксайский район Ростовской области Расчет NDVI



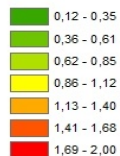
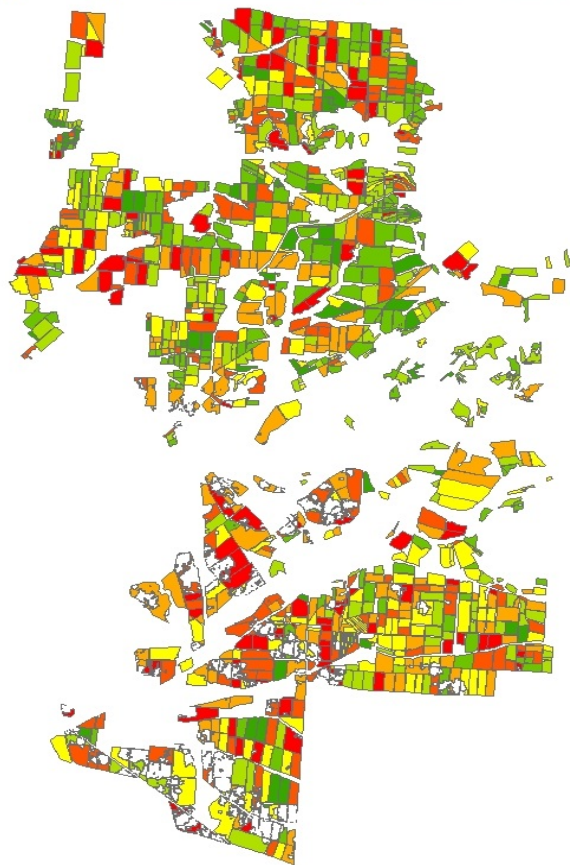
- Густая растительность (всходы озимых)
- Среднее состояние растительности
- Разреженная растительность
- Поля с очень скудной растительностью
- Открытая почва или отсутствие показателей NDVI из-за облачности на снимке

Расчет вегетационного индекса (NDVI)

Анализ посевов озимых после выхода из зимовки в апреле 2012 года показал наличие изреженных всходов посевов или отсутствие растительности.

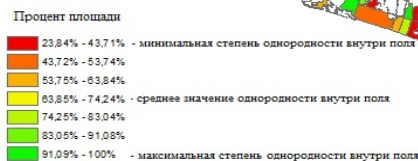
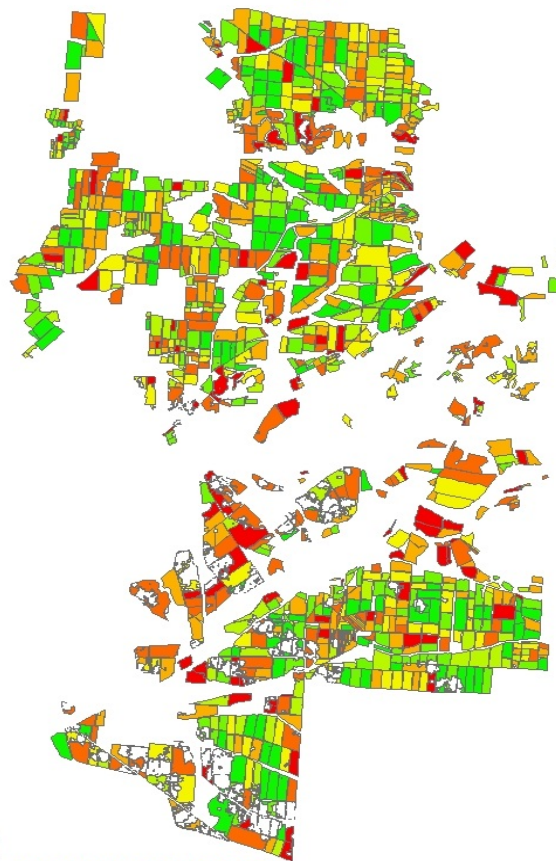
Неоднородность агрохимических свойств почвы

Степень внутренней неоднородности полей по стандартному отклонению представленных классов

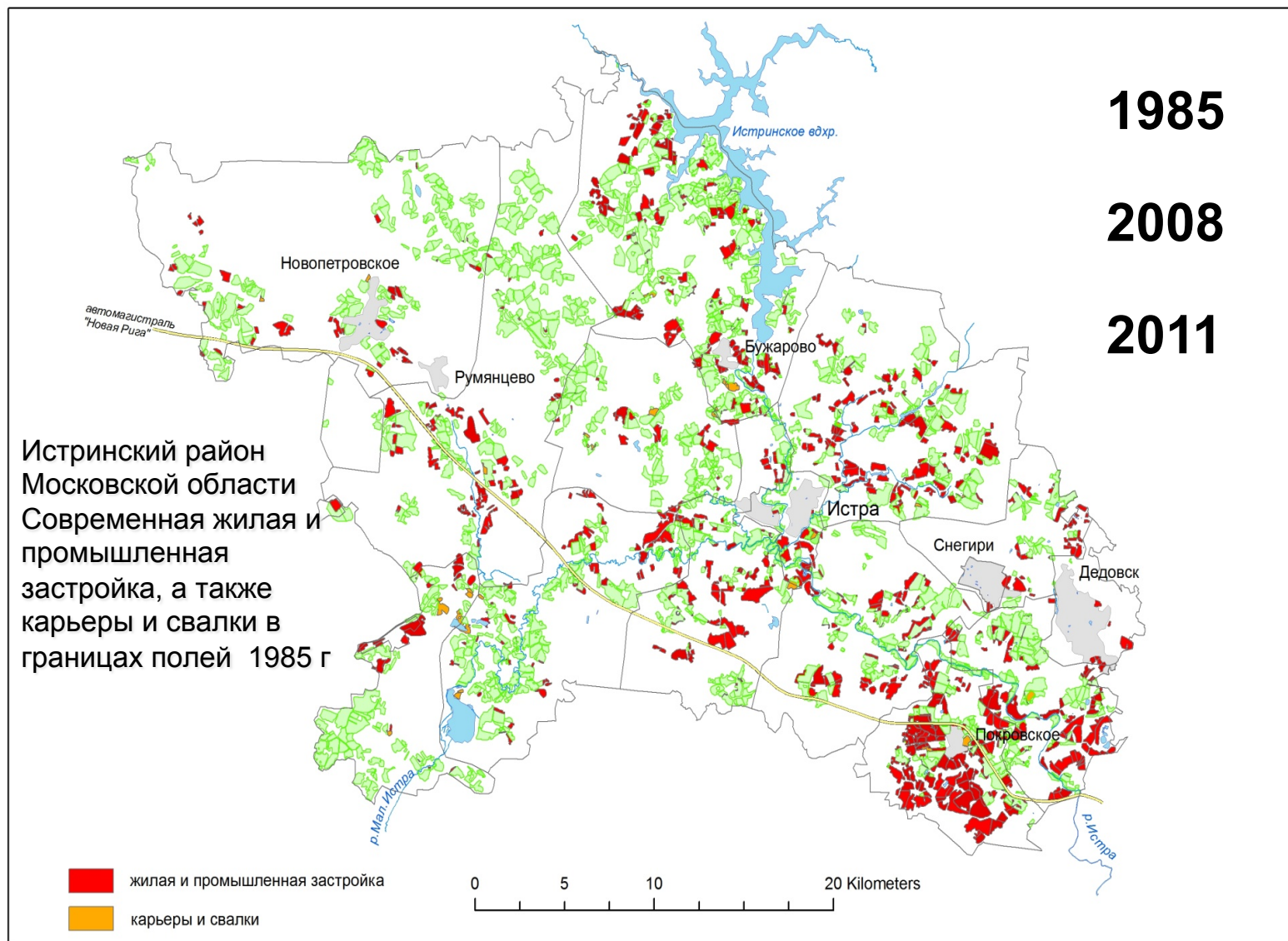


Степень неоднородности фитомассы растений

Степень внутренней однородности полей по площади занимаемой максимально представленным классом



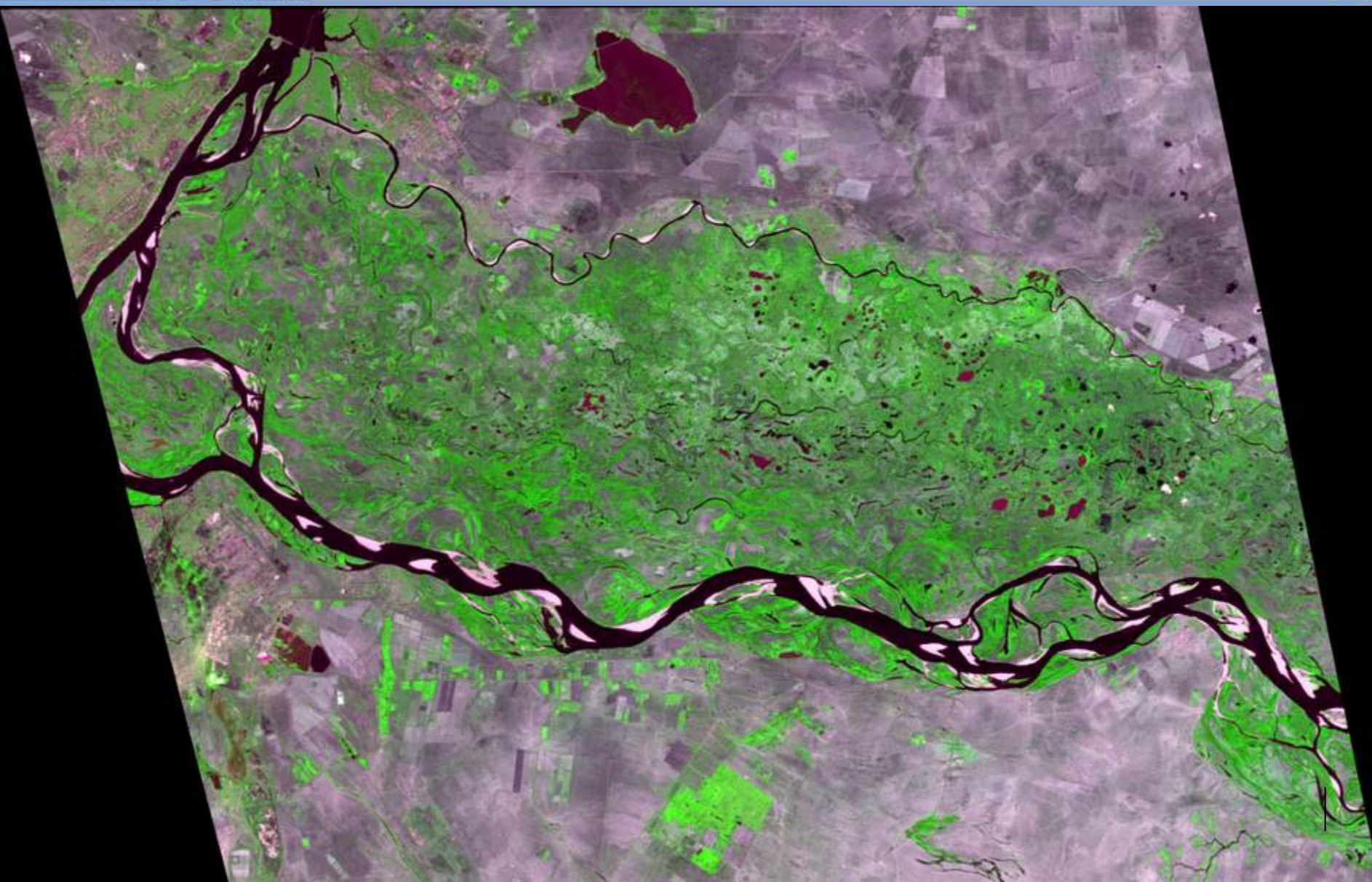
Мониторинг динамики изменений землепользования



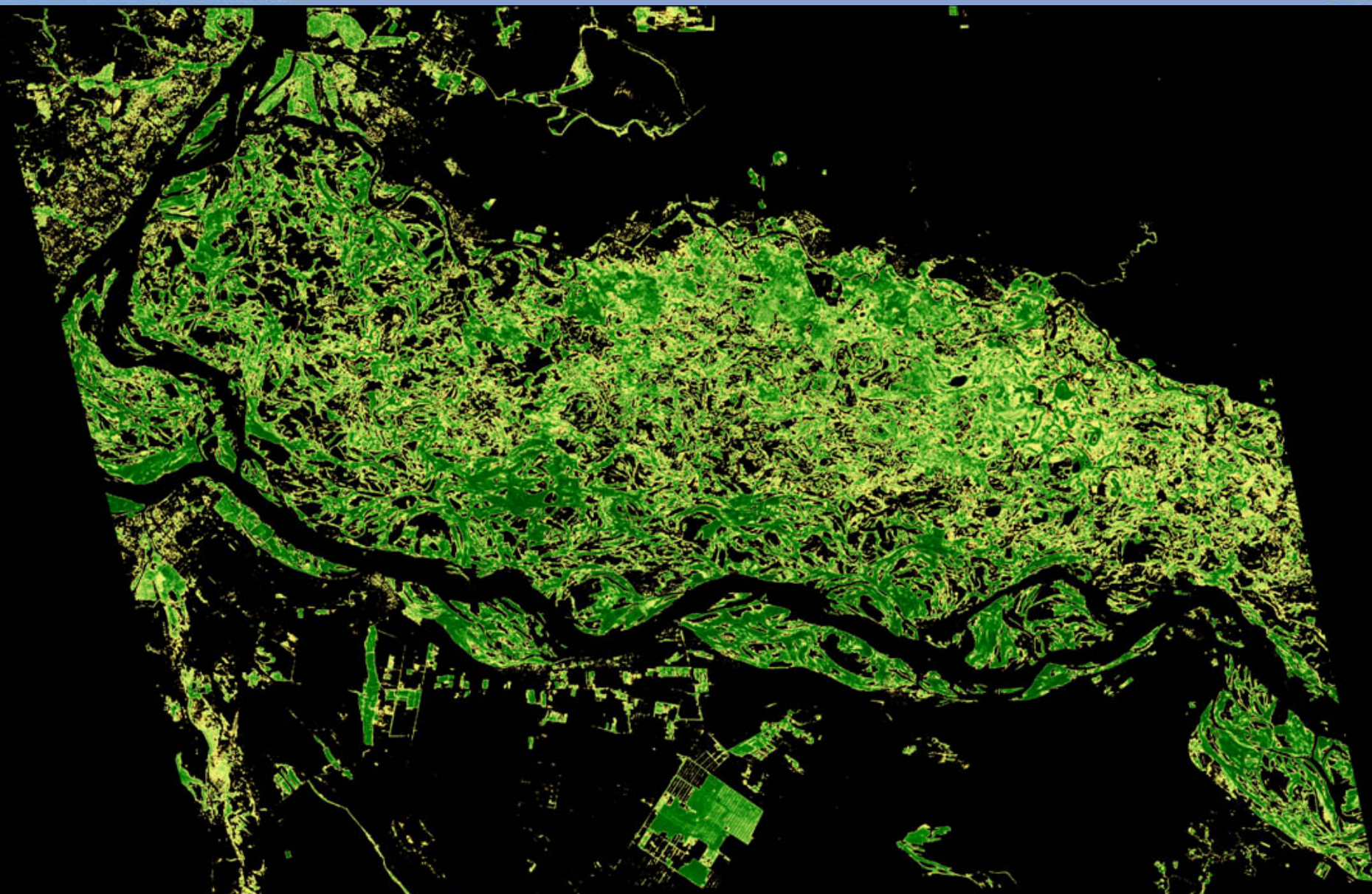
Суммарная площадь земель, используемых для сельскохозяйственного производства

- | | | |
|----------|-------------|--------------|
| • 1985 г | • 26 940 га | 100% |
| • 2008 г | • 19 184 га | 71,2% |
| • 2011 г | • 18 225 га | 67,6% |
- Застройка территории сельхозугодий
 - Возникновение карьеров и свалок в пределах сельхозугодий
 - Заращение в полей древесно-кустарниковой растительностью

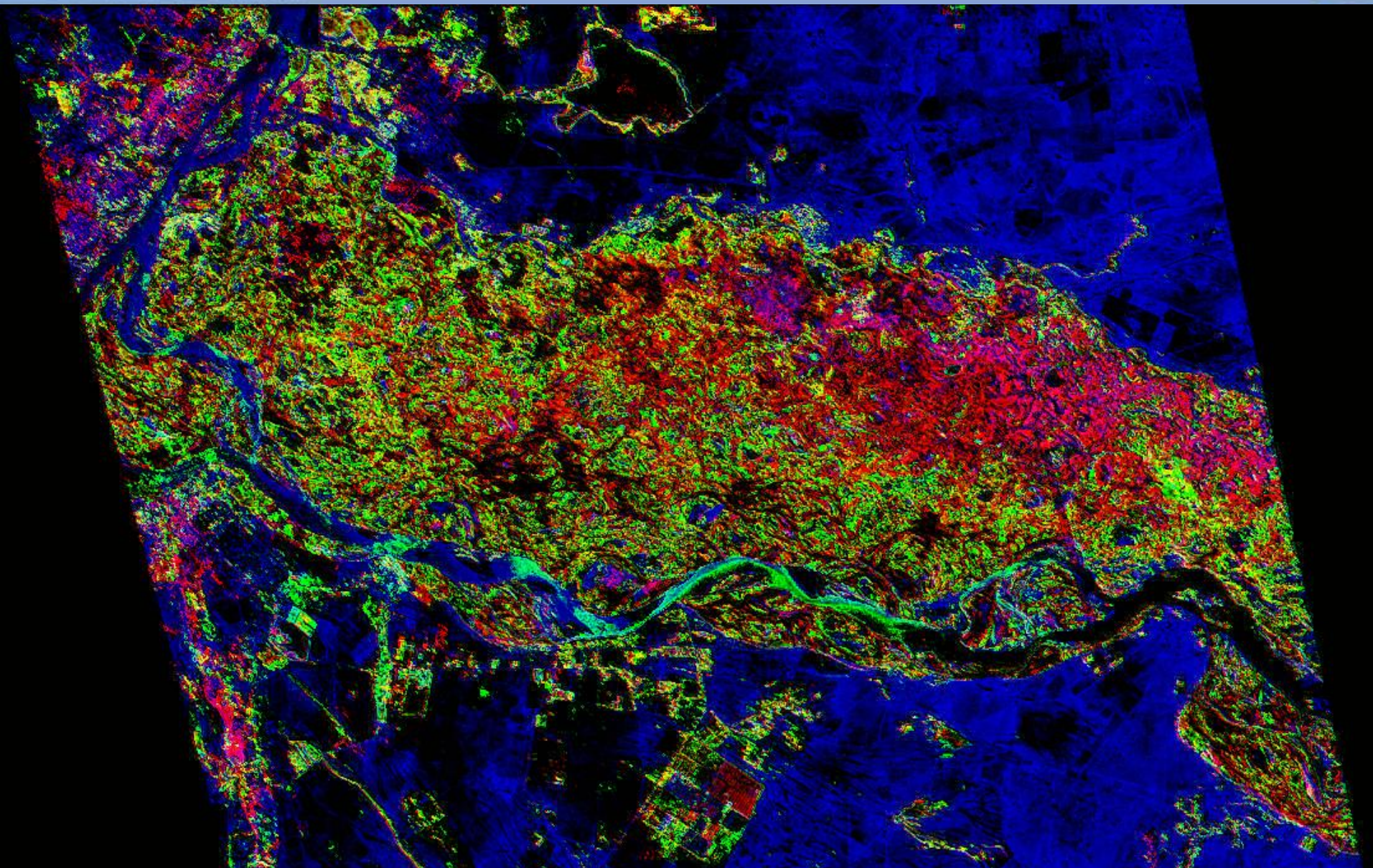
Изменение состояния ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы с мая по сентябрь 2011 г.



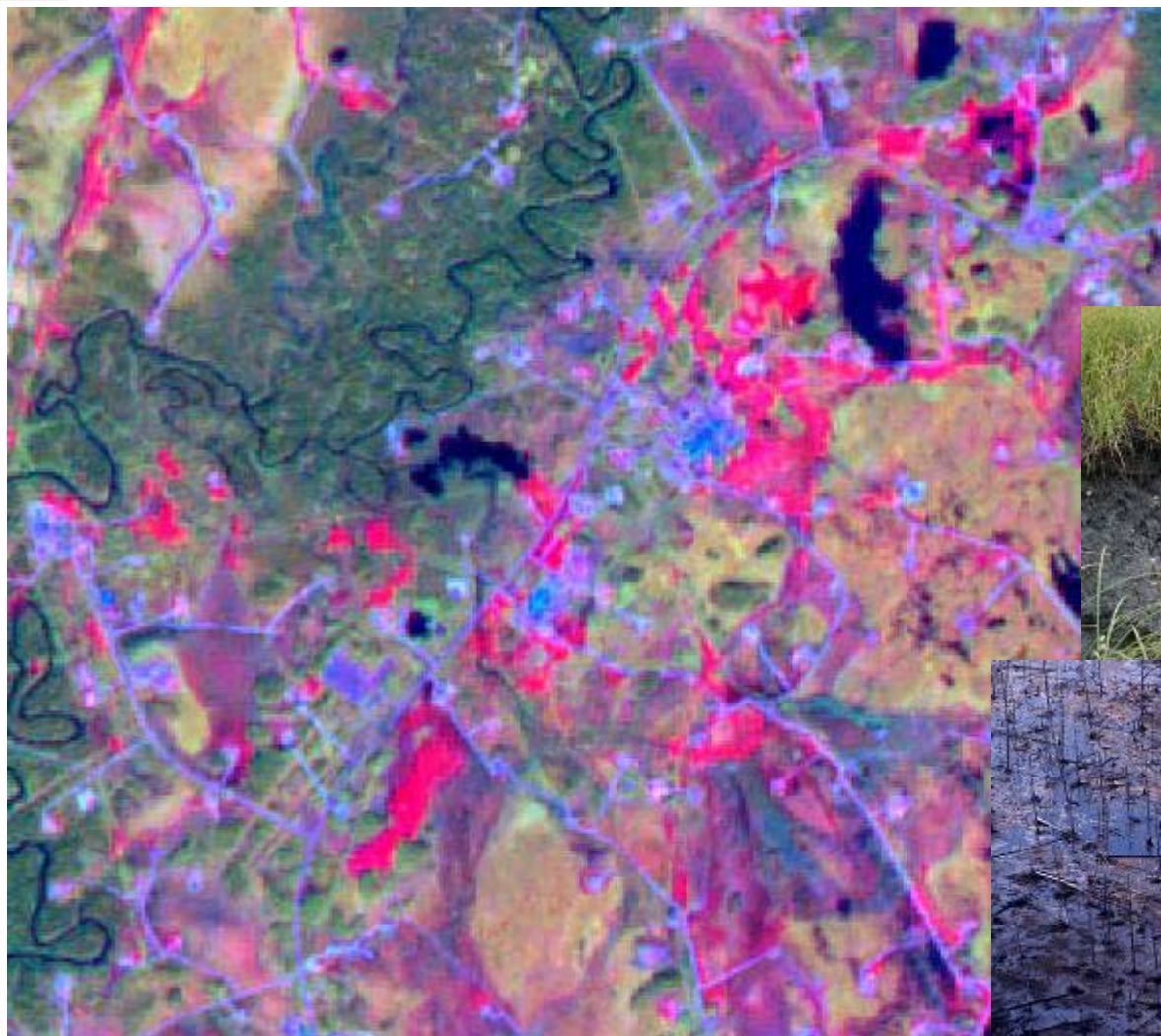
Изменение состояния ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы с мая по сентябрь 2011 г.



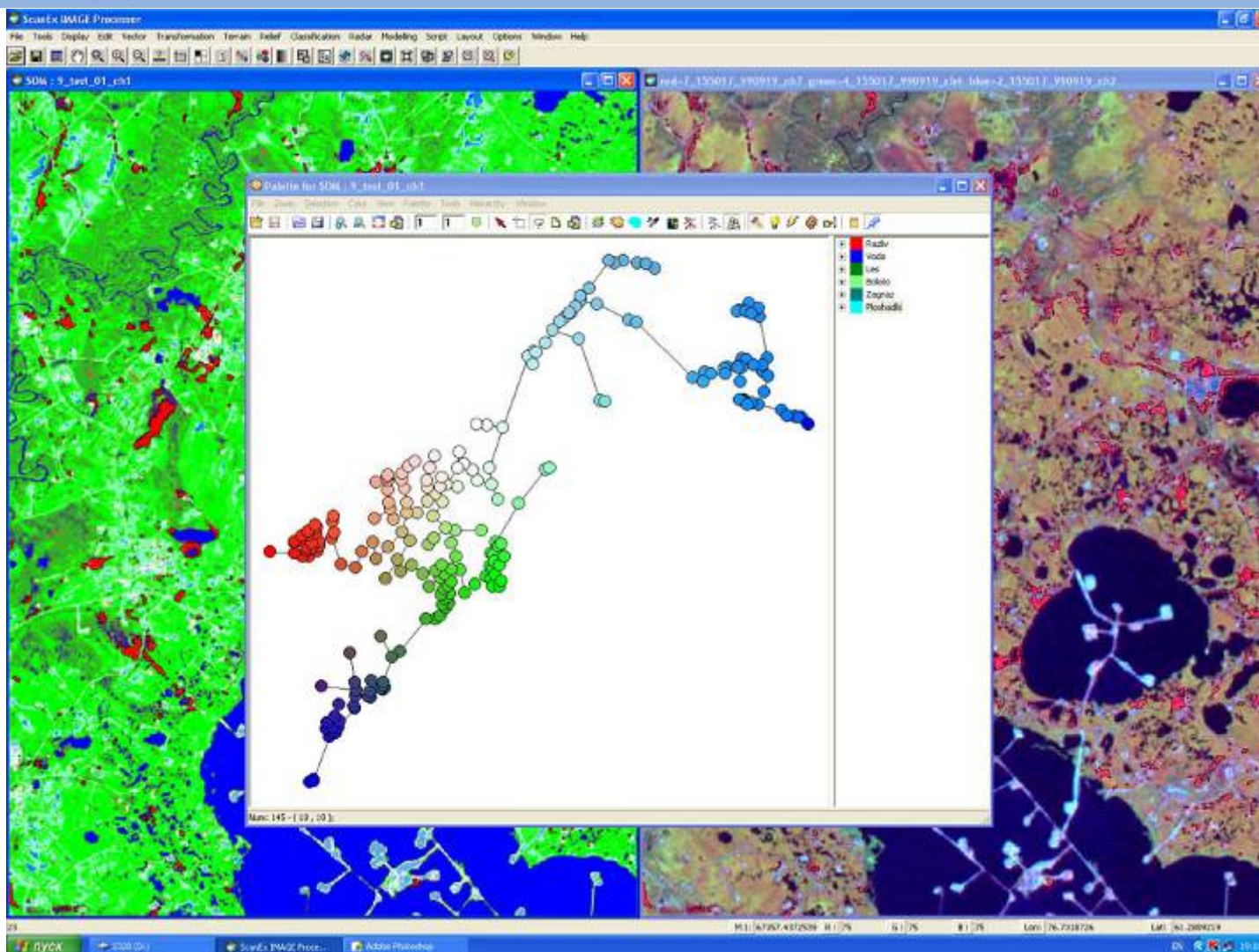
Изменение состояния ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы с мая по сентябрь 2011 г.



Выявление ареалов загрязнения и оценка экологической ситуации



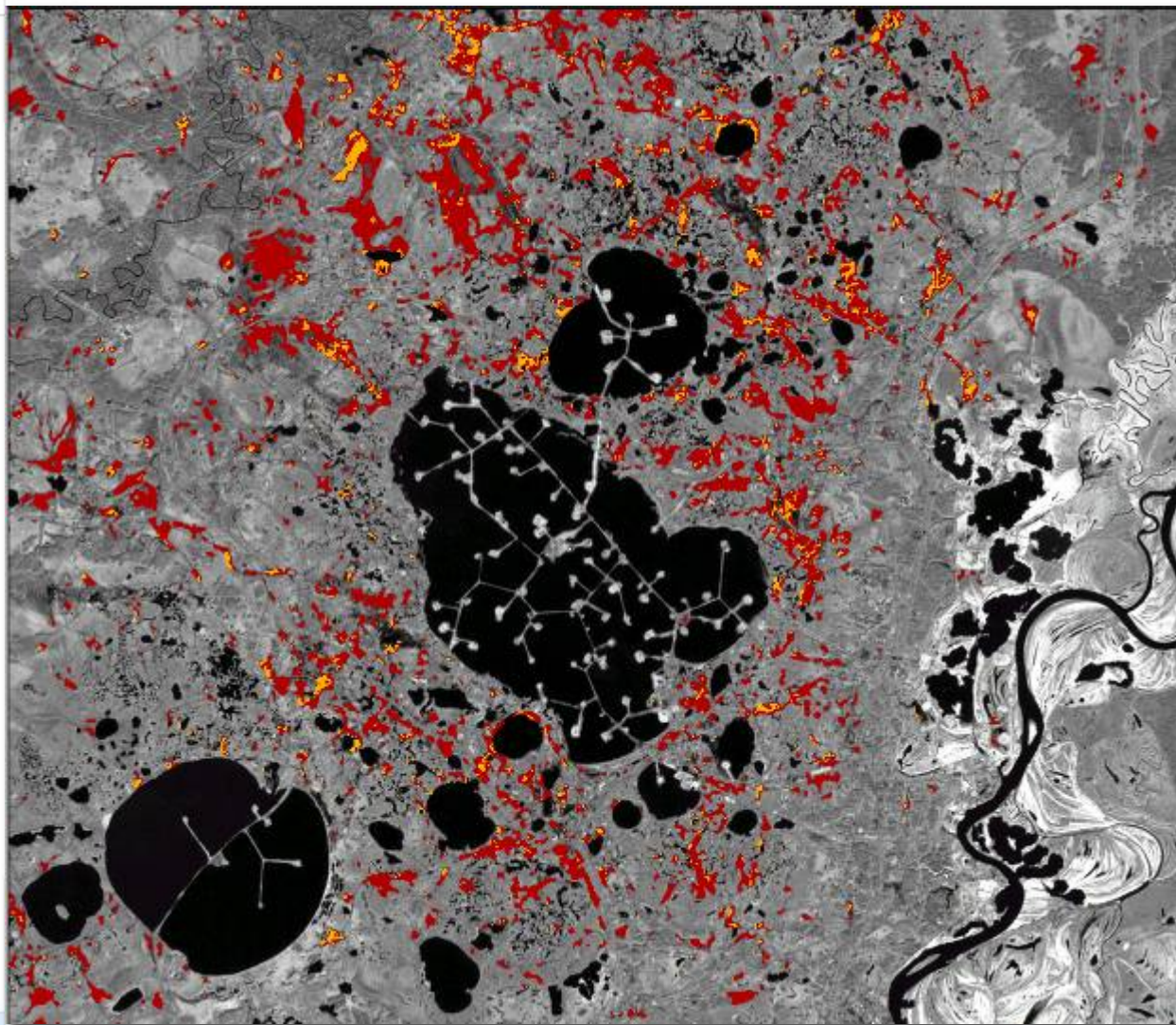
Мониторинг экологической обстановки в местах добычи нефти и газа



Классификация снимка позволяет с достаточной степенью точности выделить объекты, относящиеся к классу «загрязнение»

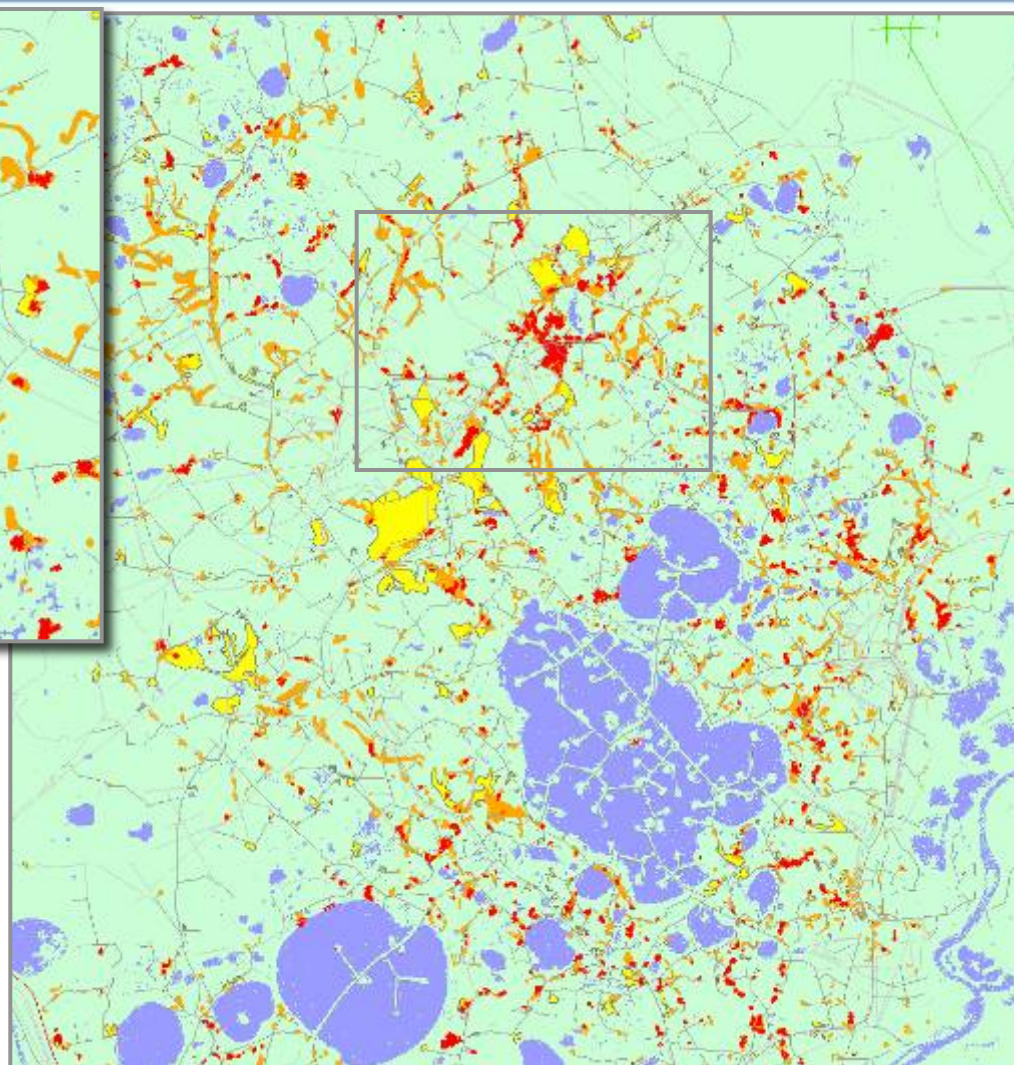
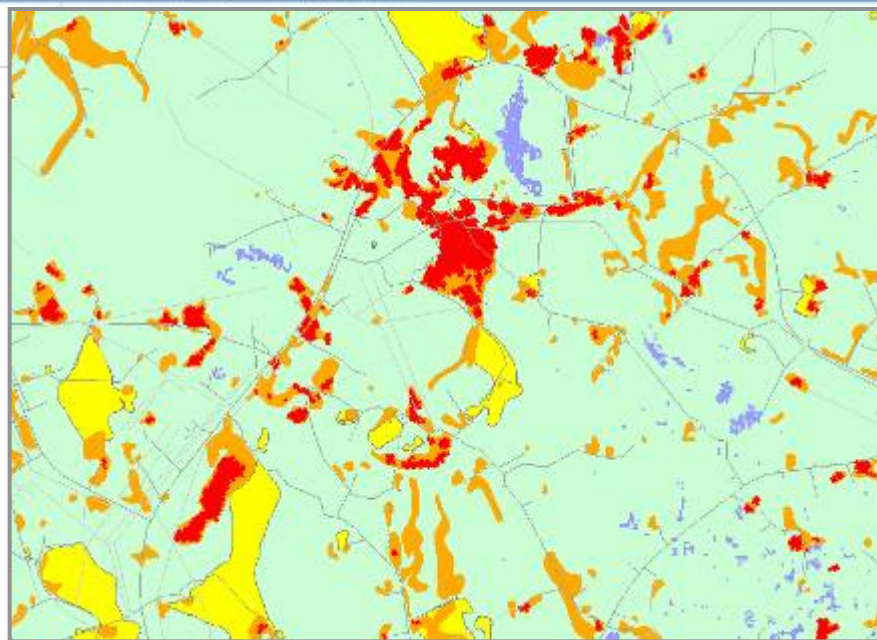
Выявление ареалов загрязнения и оценка экологической ситуации

Выявление ареалов нефтяного загрязнения



Векторизация контуров
загрязненных территорий и
оценка степени загрязнения.

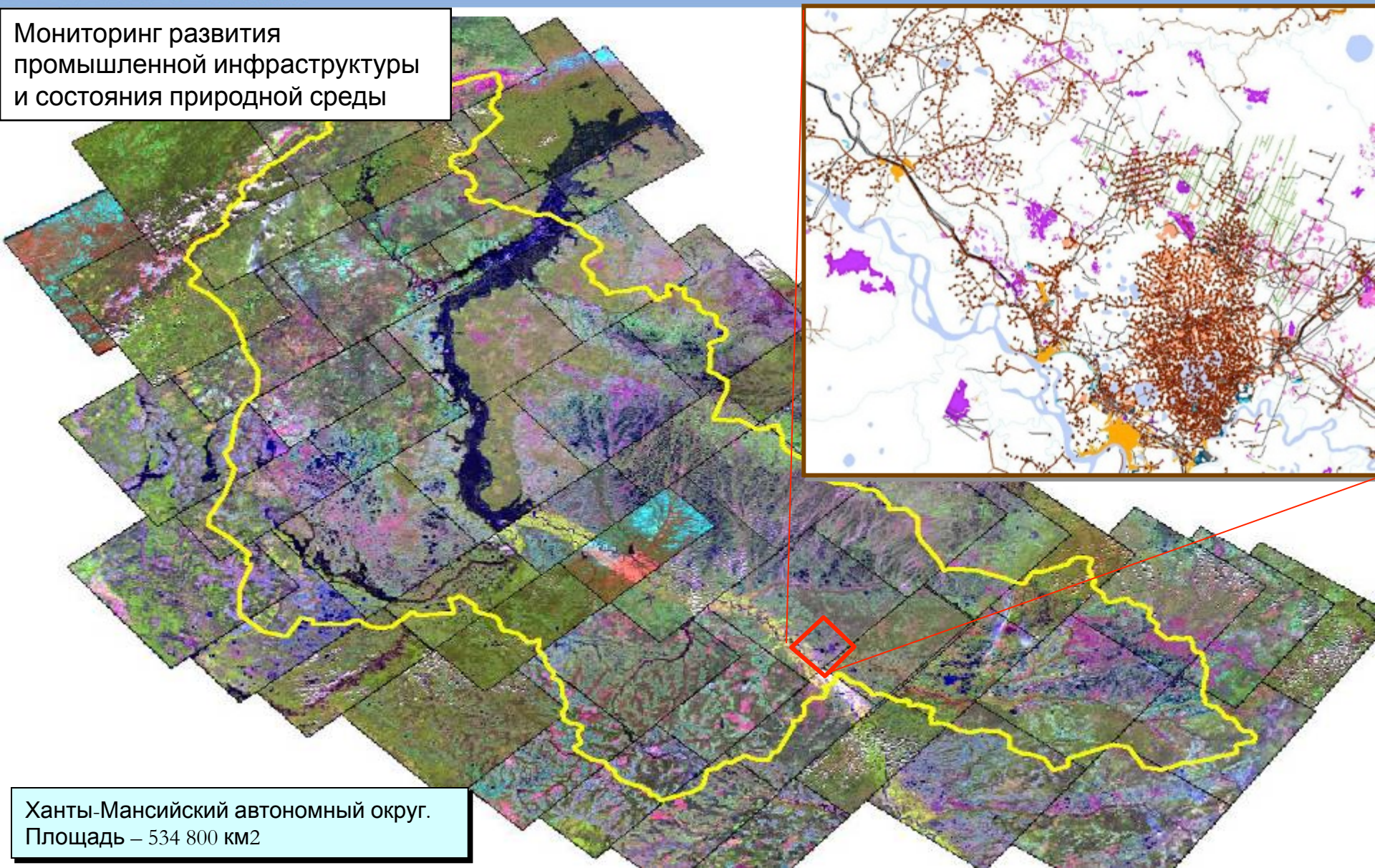
Выявление ареалов загрязнения и оценка экологической ситуации



-  Сильно загрязненные территории с полностью уничтоженным растительным покровом, имеющие на поверхности нефть или битумную корку
-  Территории с частично сохранившейся или восстанавливающейся растительностью. В основном территории старого загрязнения
-  Территории без видимых признаков нефтяного загрязнения, но с сильно измененной растительностью

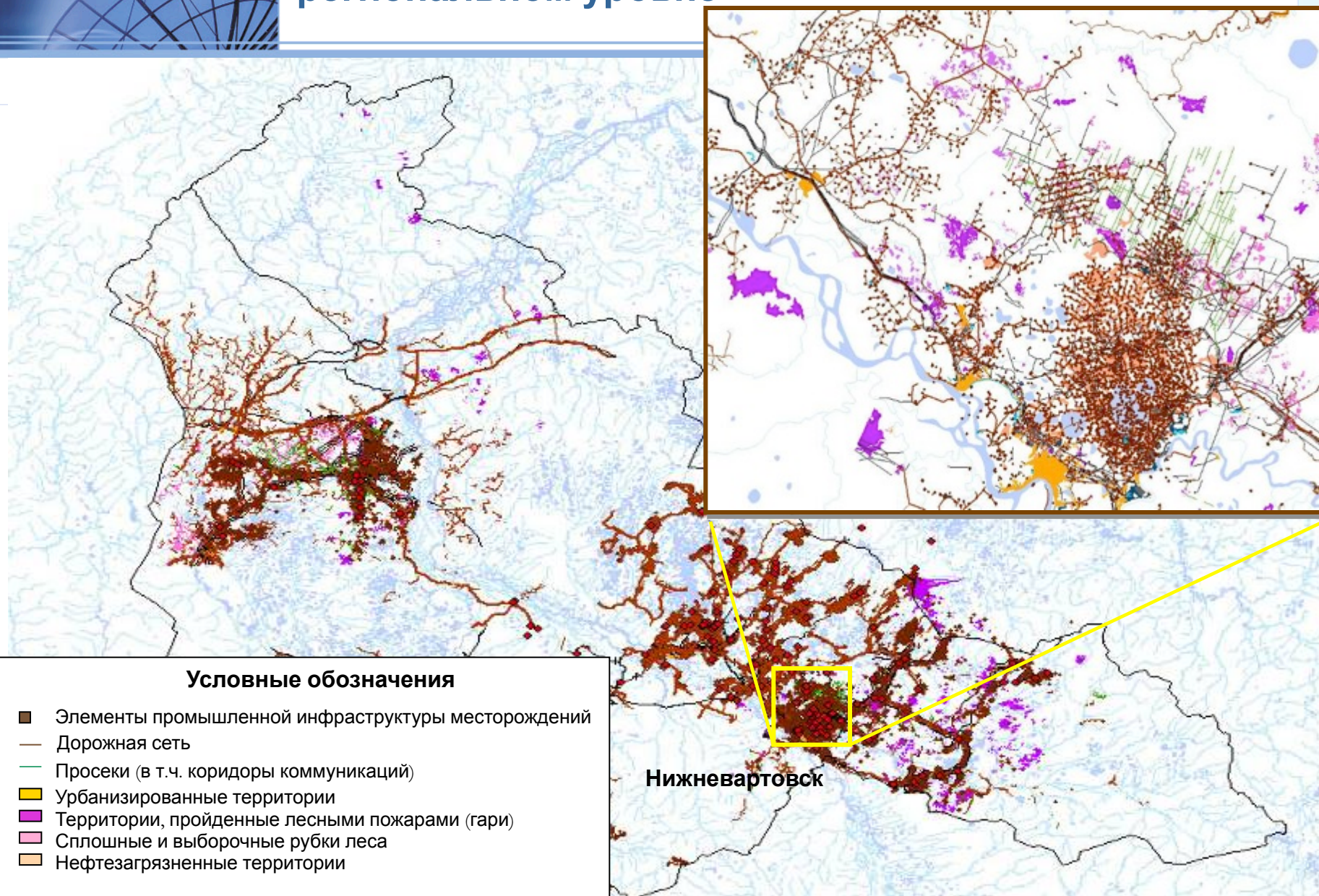
Пример осуществления мониторинга на региональном уровне

Мониторинг развития
промышленной инфраструктуры
и состояния природной среды



Ханты-Мансийский автономный округ.
Площадь – 534 800 км²

Пример осуществления мониторинга на региональном уровне



Мониторинг развития промышленной инфраструктуры



1973

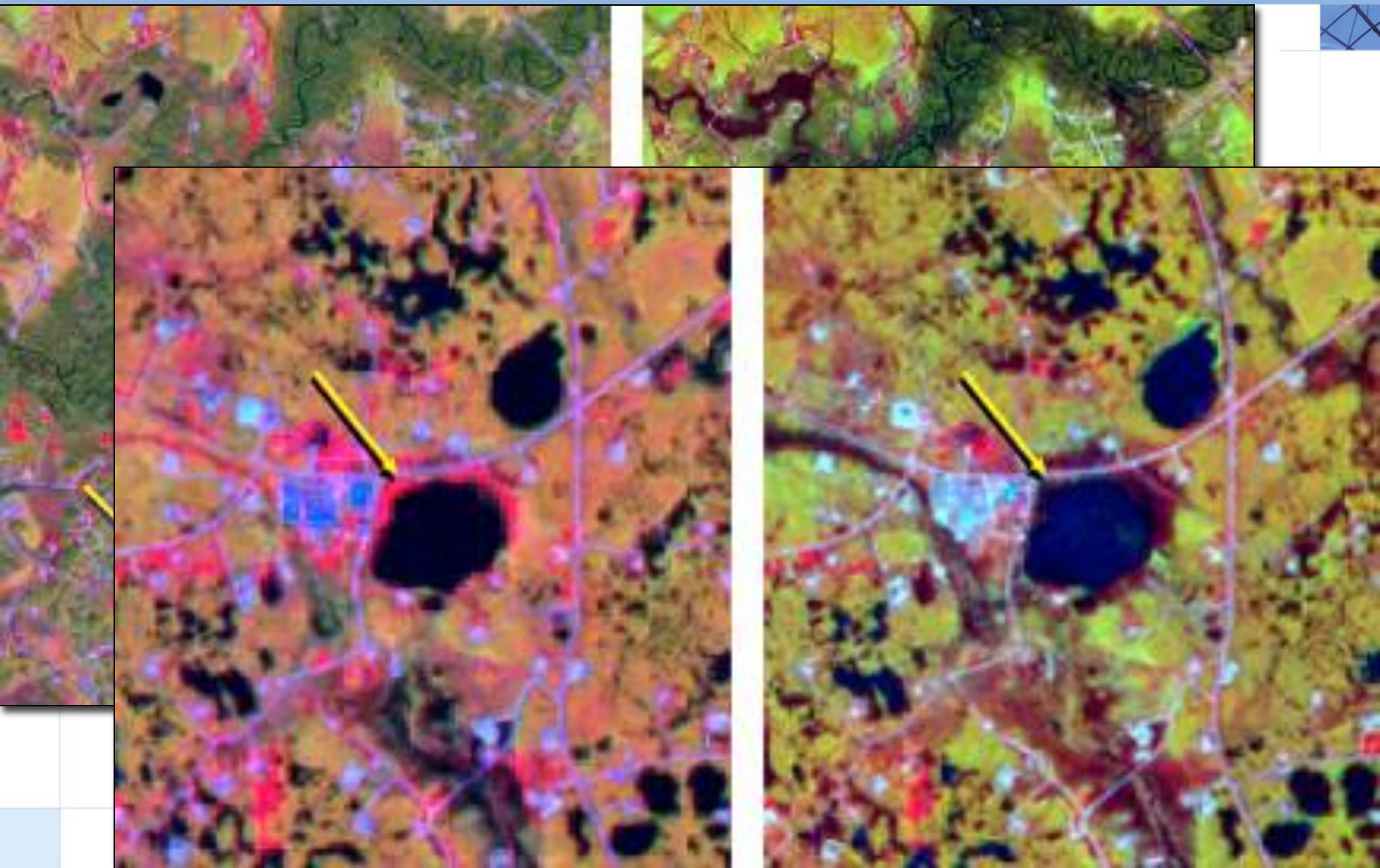
1978

1988

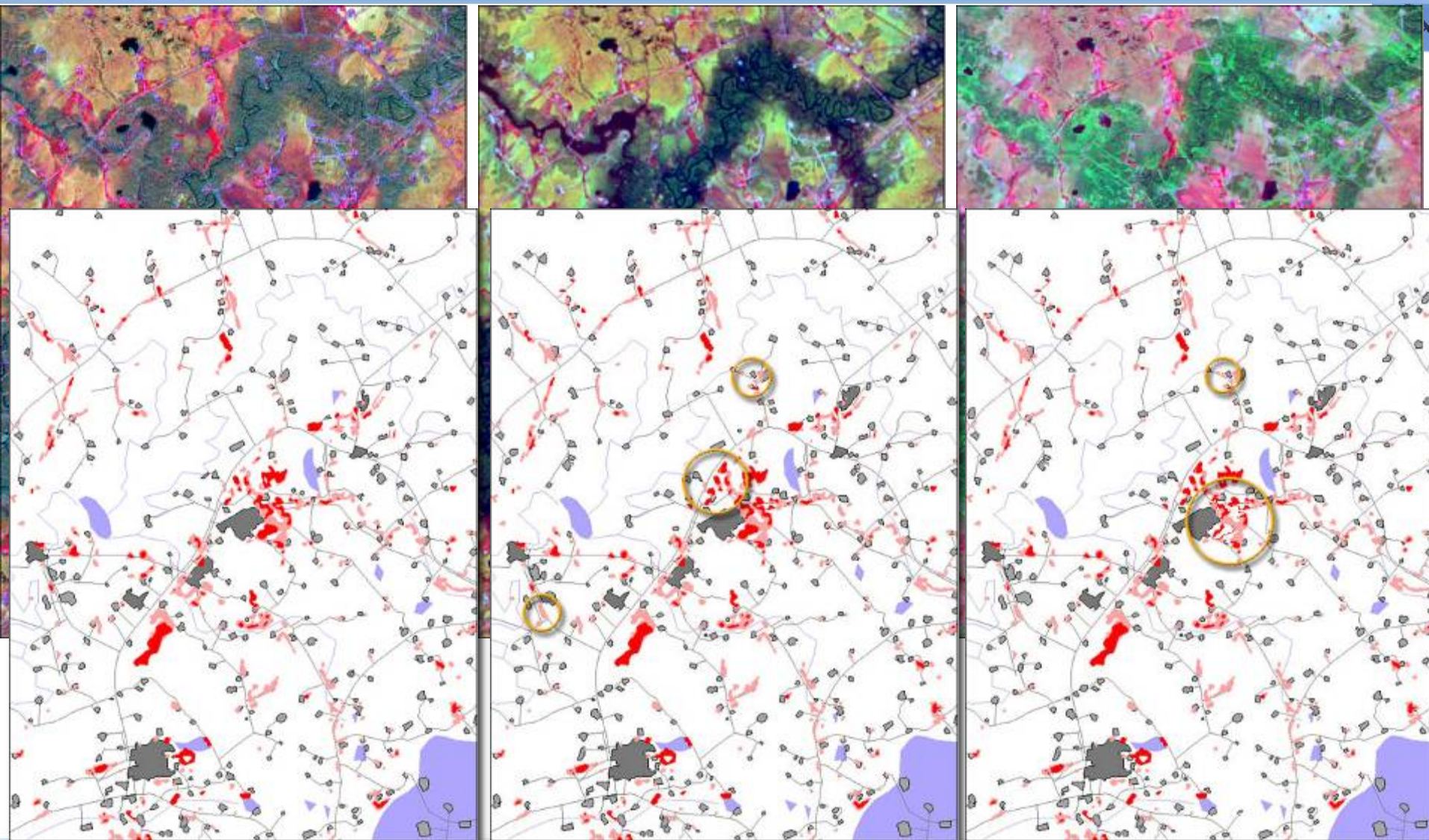
2000

Район г.
Лангепас,
Западная
Сибирь

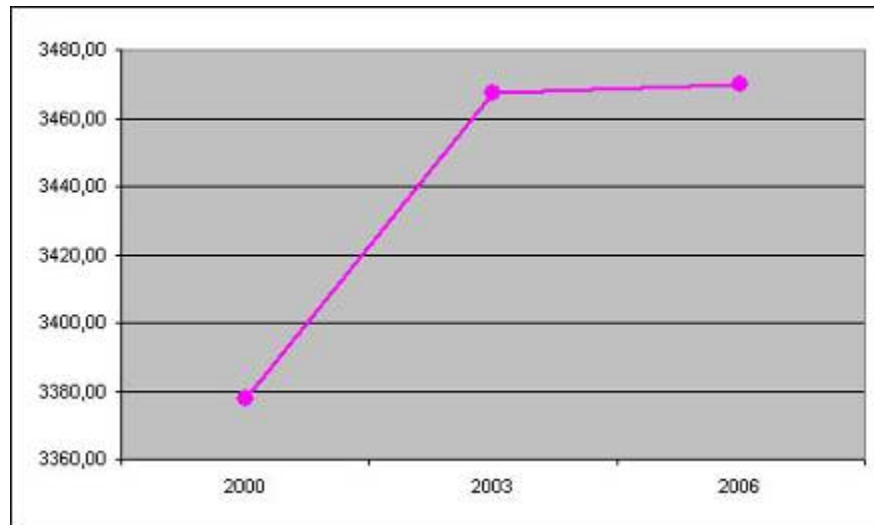
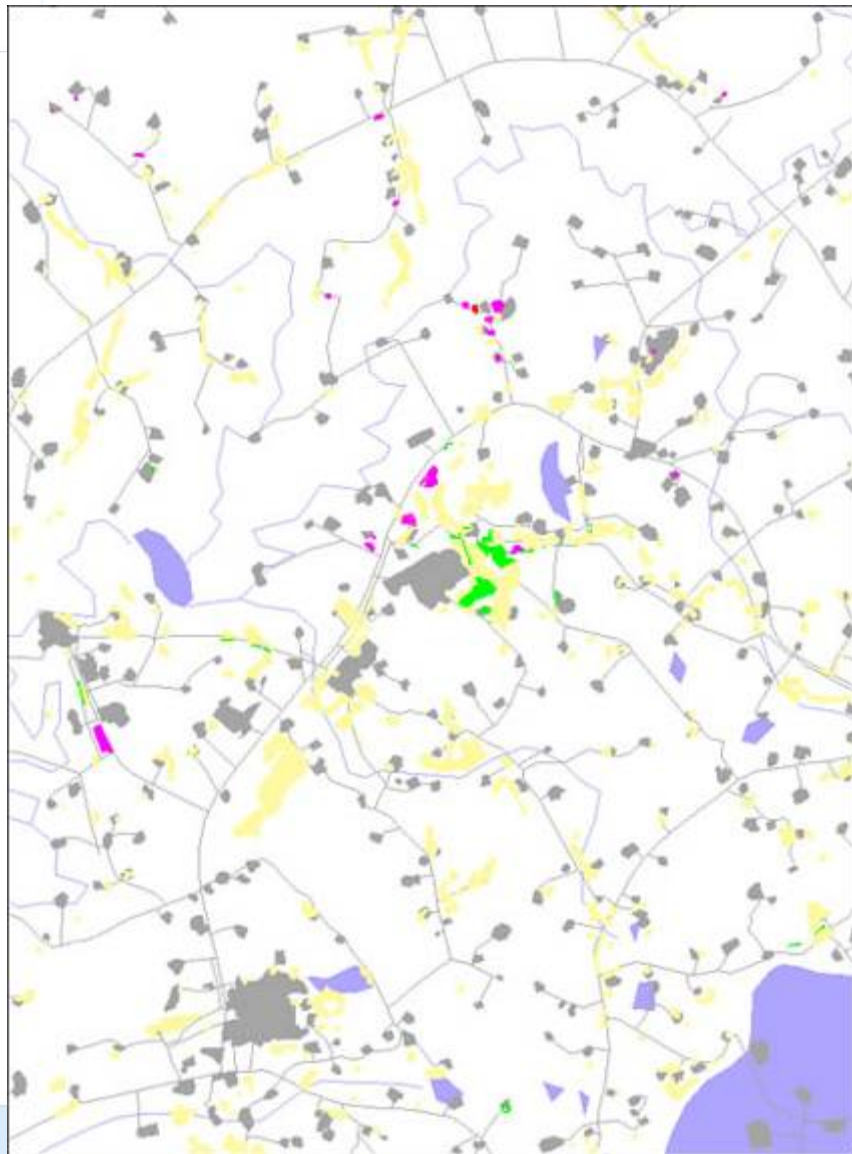
Мониторинг развития инфраструктуры, загрязнения, оценка эффективности рекультивации



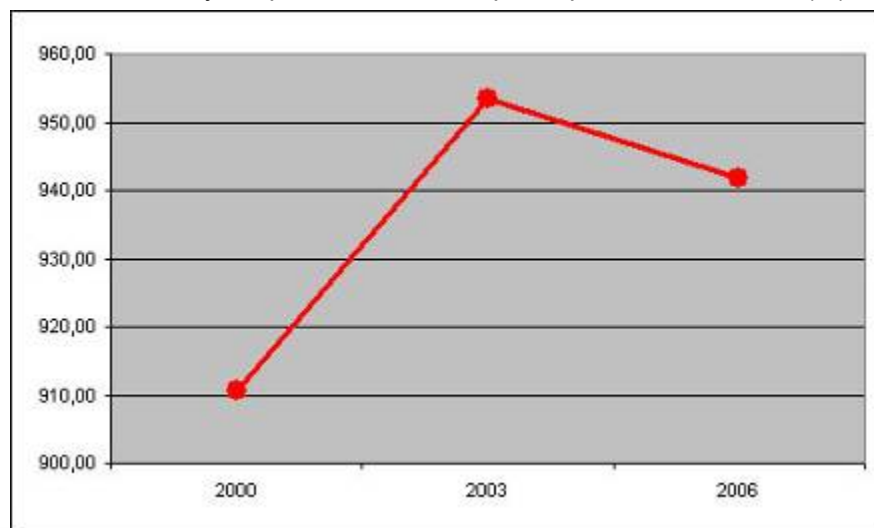
Мониторинг развития инфраструктуры, загрязнения, оценка эффективности рекультивации



Мониторинг развития инфраструктуры, загрязнения, оценка эффективности рекультивации



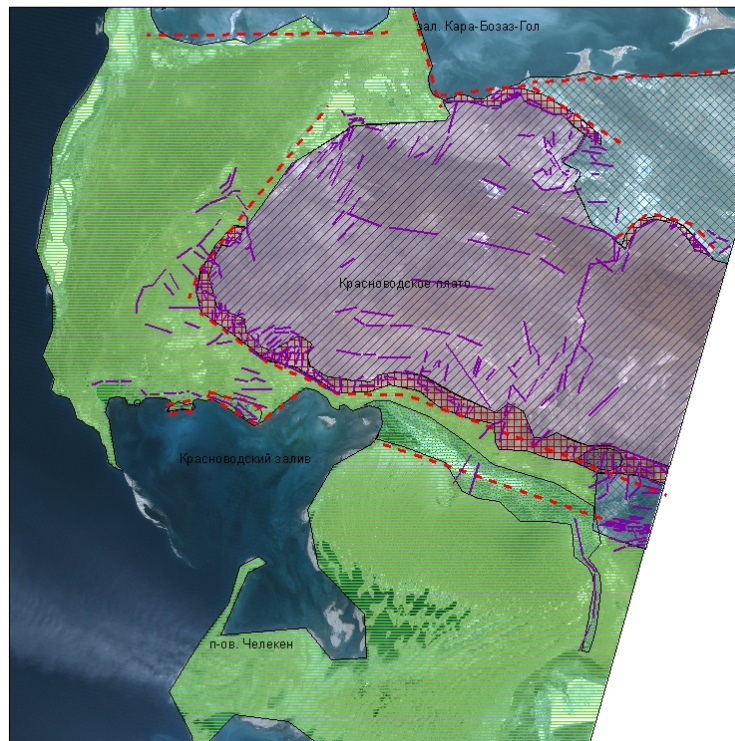
Изменение суммарной площади нефтезагрязненных земель (га).



Изменение площади новых или активных разливов (га).

Изучение геологического строения местности:

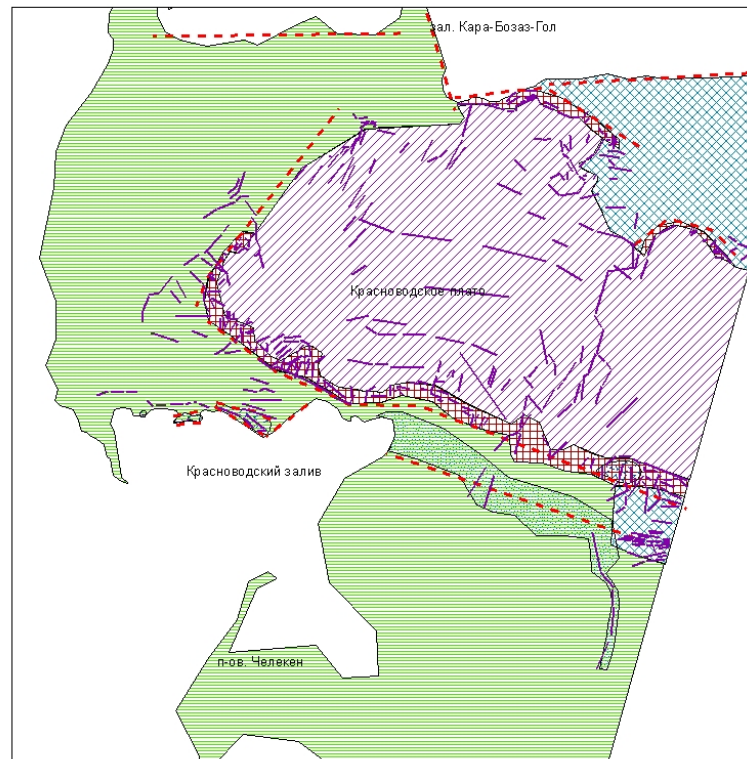
Морфоструктурная карта-схема побережья Каспийского моря (Красноводское плато).



Легенда

- Предполагаемые локальные разрывные нарушения
- - - Предполагаемые разрывные нарушения
- Древнее русло (Узбой)
- Локальные поднятия, в том числе выходы магматических пород.
- Равнина, сложенная дислоцированными осадками
- Слаборасчлененная низменная равнина
- Эрозионные склоны плато
- Красноводское плато

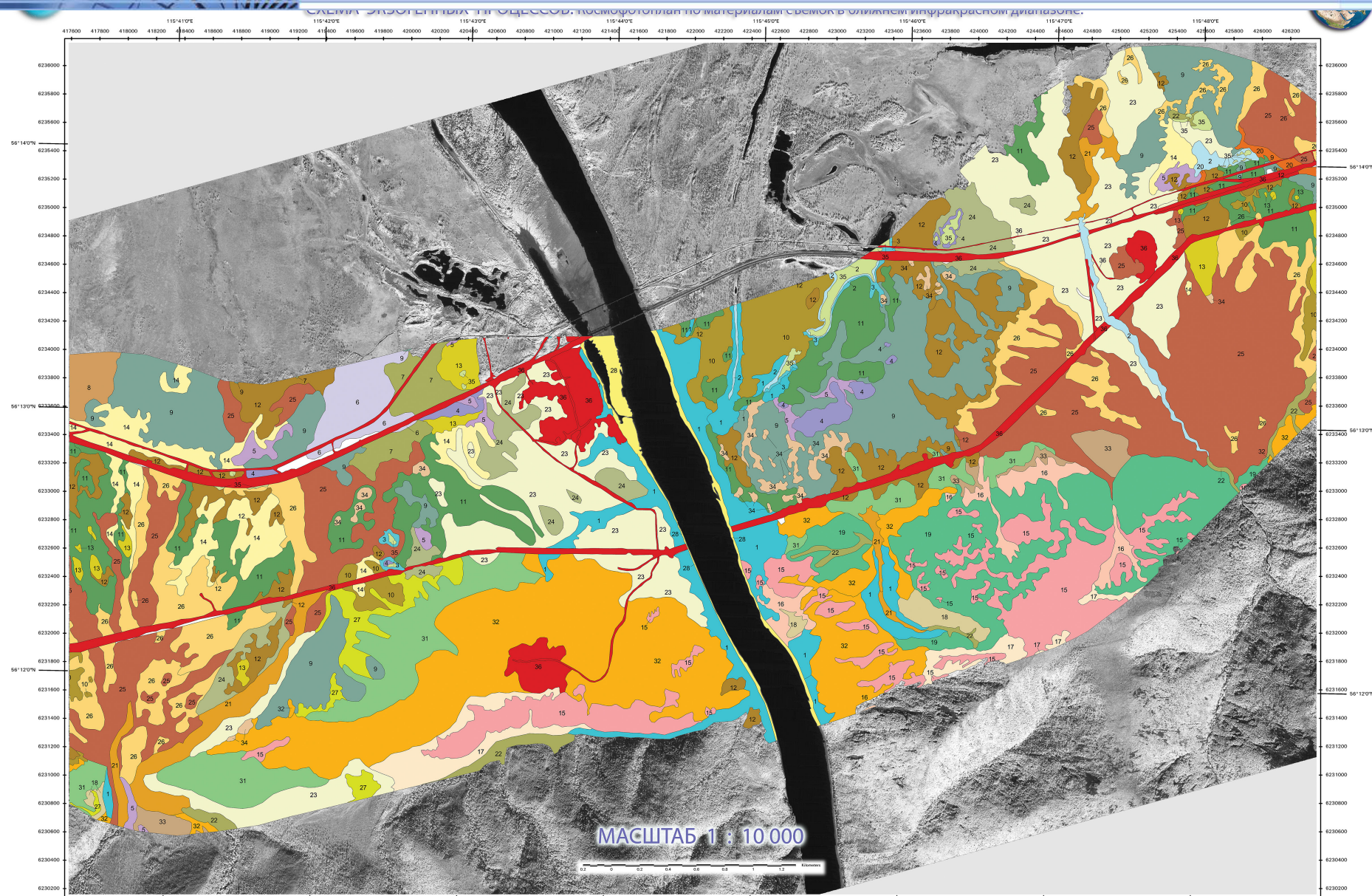
Морфоструктурная карта-схема побережья Каспийского моря (Красноводское плато).



Легенда

- Предполагаемые локальные разрывные нарушения
- - - Предполагаемые разрывные нарушения
- Древнее русло (Узбой)
- Локальные поднятия, в том числе выходы магматических пород.
- Равнина, сложенная дислоцированными осадками
- Слаборасчлененная низменная равнина
- Эрозионные склоны плато
- Красноводское плато

Примеры решения задач: Анализ изменений природных факторов в районе трассы трубопровода



Оценка соответствия промышленных предприятий экологическим нормам

Оперативный мониторинг факелов для сжигания попутного газа по данным IRS P6 AWiFS.
Нефтяное месторождение «Каракудук». Северный Казахстан.



Космическая информация для мониторинга загрязнений водных объектов



Шлейф
> 10 км



Выбросы
технологических вод
в р. Ангару

Усть-Илимский ЛПК

Спутник EROS-1A Дата съемки 23 июля 2005 г.

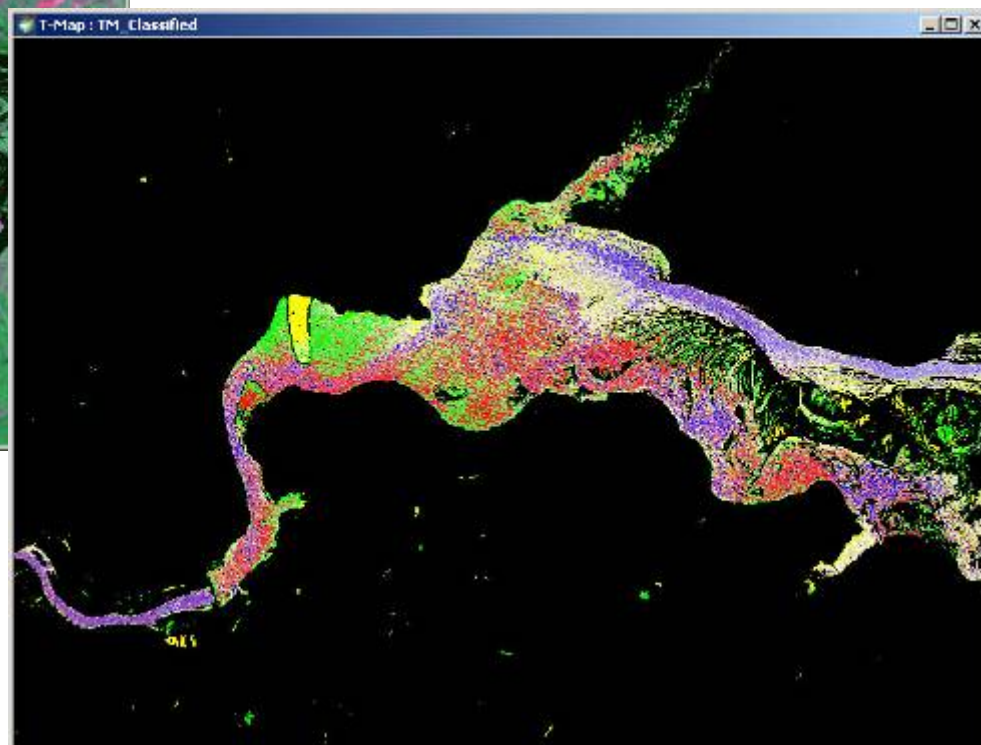
Оценка экологического состояния водных объектов



Водохранилище на реке Кама (республика Татарстан).

Слева – фрагмент снимка LANDSAT-5,
Справа – результат его обработки в программе
ScanEx Image Processor.

-  Зона замутнения
-  Зона максимального прогрева воды
-  Зона цветения воды
-  Зона основного течения



Thank you for your attention!



RUSSIA, 119021, MOSCOW, Rossolimo str. 5/22, building1

PHONE: +7 495 246-2593, +7 495 651-3590

FAX: +7 495 246-2593, +7 495 651-3587

WWW.SCANEX.RU

info@scanex.ru