

Российская академия наук

Новая карта растительного покрова России

**Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С.,
Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А.**



Всероссийская открытая ежегодная конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", 15 - 19 ноября 2010 г., Москва, ИКИ РАН

Количество найденных в Google ссылок на различные сочетания ключевых слов

Russia land cover map - 274 000

Brazil land cover map - 274 000

Australia land cover map - 280 000

Canada land cover map - 313 000

France land cover map - 408 000

China land cover map - 479 000

USA land cover map - 8 560 000

Eurasia land cover map – 134 000

Africa land cover map - 311 000

Europe land cover map - 1 020 000

South America land cover map - 6 560 000

North America land cover map - 7 790 000

Global land cover map - 2 890 000

Russia land cover map remote sensing - 53 900 (19%)

USA land cover map remote sensing - 1 840 000 (21%)

Global land cover map remote sensing - 2 860 000 (99%)

Глобальные спутниковые карты земного покрова

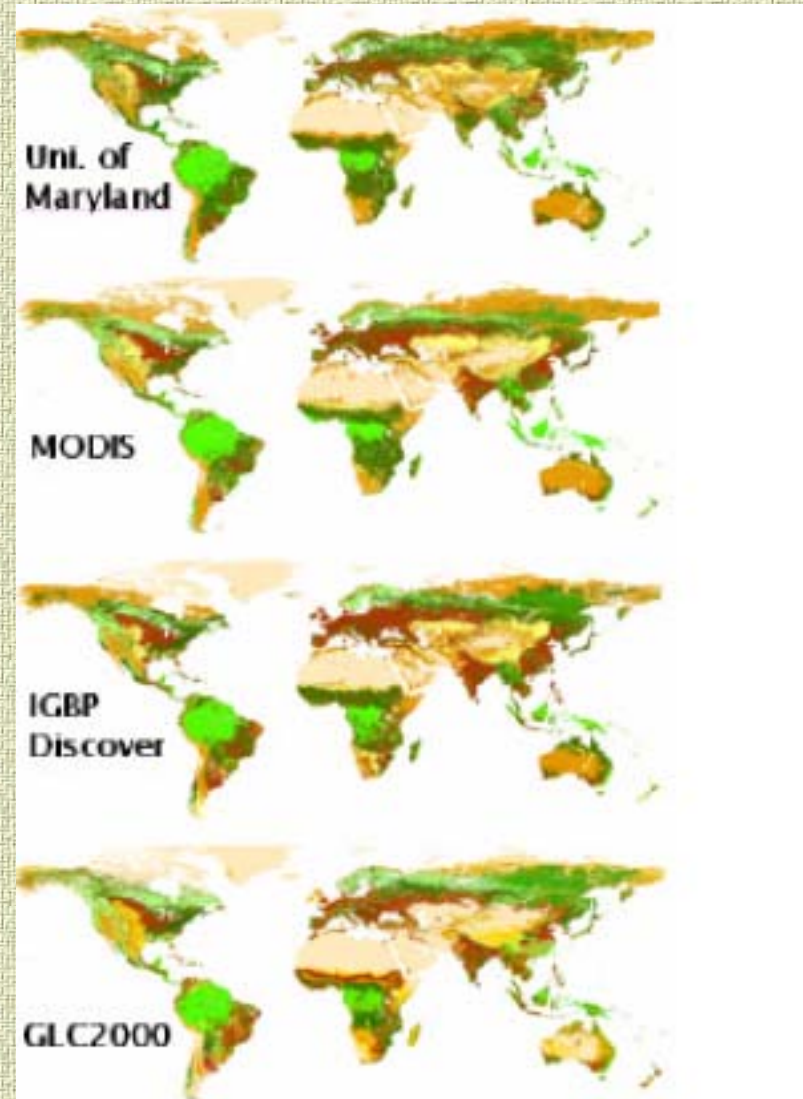
IGBP-DIS, AVHRR, 1 km, 1998

UMD, AVHRR, 1 km, 2000

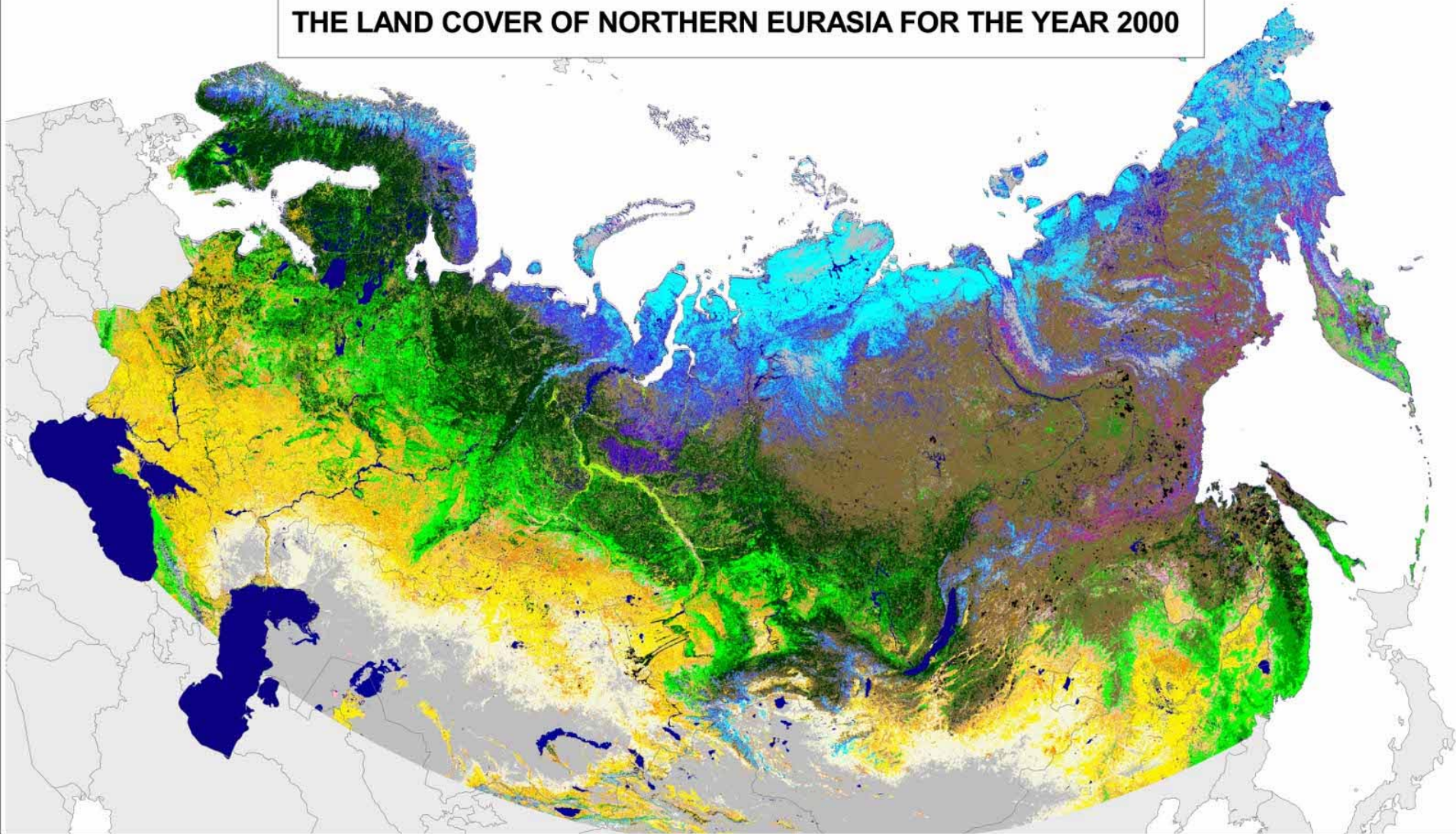
GLC-2000, VEGETATION, 1 km, 2002

MODIS, 500 m, 2002

Globcover: MERIS, 300 m, 2007



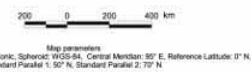
THE LAND COVER OF NORTHERN EURASIA FOR THE YEAR 2000



LEGEND / ЛЕГЕНДА

FORESTS / ЛЕСА	BIRCHLANDS / КУСТАРНИКИ	GRASSLANDS / ТРАВЯНИСТАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	OTHER VEGETATION TYPES AND COMPLEXES / ДРУГАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	NON-VEGETATED LAND COVER TYPES / НЕРАСТИТЕЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗЕМЛИ
Evergreen Needleleaf Forest Вечнозеленый хвойный лес	Needleleaf/ Evergreen Broad Игольнично-вечнозеленый широколиственный лес	Humid Grasslands Плоскоземельные луговые степи	Forest Bards Самые высокие горы	Bare soil and Rock Пустыни и скалы
Deciduous Broadleaf Forest Лиственный лес	Broadleaf/ Deciduous Broad Широколиственный лес	Steppe Степи	Grasslands Степные и полупустынные степи	Perennial snow / ice Вечная зима и лед
Needleleaf / Broadleaf Forest Смешанный с преобладанием игольничного леса	WETLANDS / ВОДНО-БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	TUNDRA / ТУНДРА	Forest: Natural Vegetation Complex Лес в комплексе с другими естественными растительными сообществами	Inland water bodies Озера и внутренние водоемы
Mixed Forest Смешанный лес	Wetland and Marsh Болота	Bare and Prostrate Широкая тундра	Forest: Crooked Complex Лес в комплексе с антропогенными растительными сообществами	Urban Урбанизированные территории
Broadleaf / Needleleaf Forest Смешанный с преобладанием широколиственного леса	Palud Bog Травяно-моховые болотные комплексы	Wetland Tundra Тундра	Grassland - Grazing Complex Сенокосно-пастбищная зона в комплексе с лугом	Saltwater Солончаки
Deciduous Needleleaf Forest Хвойный лиственный лес	Prudicidal grassland/ тундровая растительность	Mixed Tundra Переходная тундра		Country borders Границы государств

MAP INFORMATION



Настоящая карта наземной экосистемы Северной Евразии создана Объединенным Исследовательским Центром Европейской Комиссии и партнерствами с Центром по Приближению Экологии и Продуктивности России Российской Академии Наук. Карта получена в рамках проекта Global Land Cover 2000 по данным, полученным на борту спутника SPOT 4, и спутника VEGETATION. Между созданием карты и использованием спутниковых данных земной экосистемы с использованием фенологических данных, длительности вегетационного периода, отражательных способностей и зимней продолжительности в зависимости от продолжительности, в том числе длительности, затенения солнечного излучения.

This map of Northern Eurasia's land cover has been created at European Commission's Joint Research Centre in partnership with Russian Academy of Sciences' Centre for Forest Ecology and Productivity. The mapping has been performed as part of Global Land Cover 2000 project with use of data obtained by the VEGETATION sensor on board the Earth Observation satellite SPOT 4. Land cover classes have been identified with series of advanced data products, derived from VEGETATION data, in order to characterise phenology of vegetation, water content of surface, directional reflectance properties and snow duration.

CONTACT DETAILS

Dr. Sergey A. Bartalev
The Russian Academy of Science
Space Research Institute
8432 Profsoyuznaya Str.
117997 Moscow, Russia
Fax: 007 095 913 38 17
bartalev@icp.rssi.ru

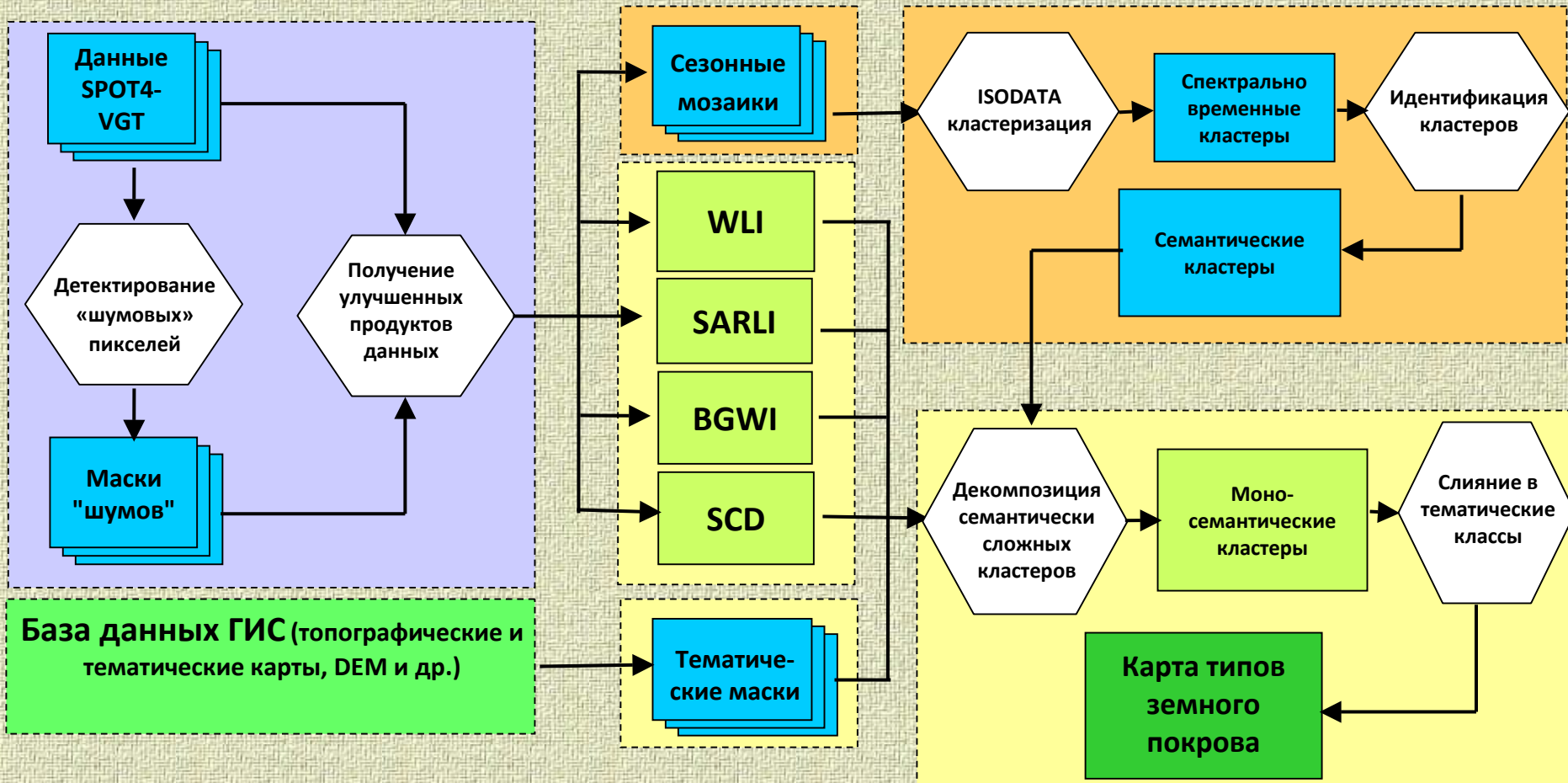
Acad. Alexander S. Isaev, Dr. Dmitry V. Yershov
The Russian Academy of Science
Center for Forest Ecology and Productivity
8432 Profsoyuznaya Str.
117997 Moscow, Russia
Fax: 007 095 913 38 17
isaev@icp.rssi.ru; emshov@icp.rssi.ru

Dr. Alan S. Belward
The European Commission
Joint Research Centre
Institute for Environment and Sustainability
Global Vegetation Monitoring Unit
1-20102 Ispra (VA), Italy
Fax: +39 0332 789073
alan.belward@ec.eu.int

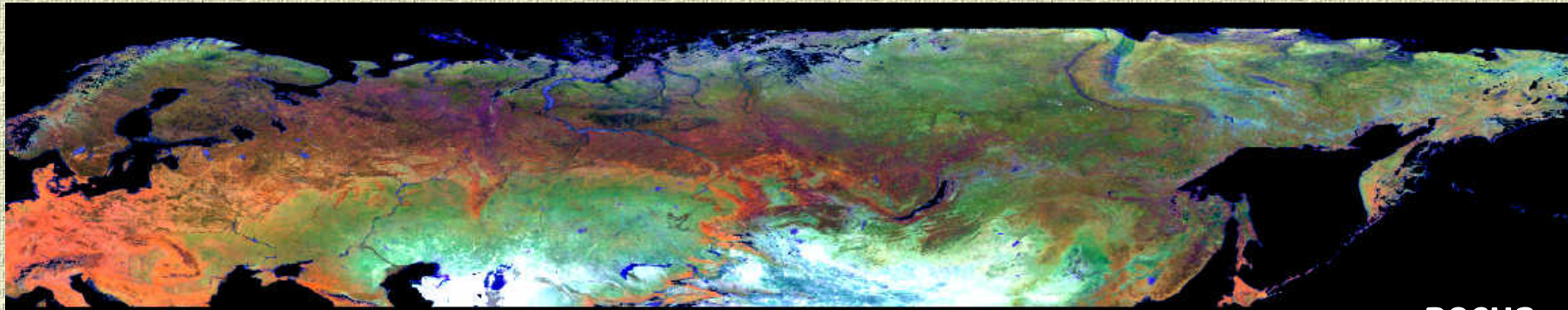
GLC2000: Метод картографирования наземных экосистем по данным SPOT-VGT

Этап 1: Предварительная обработка изображений и получение улучшенных продуктов данных

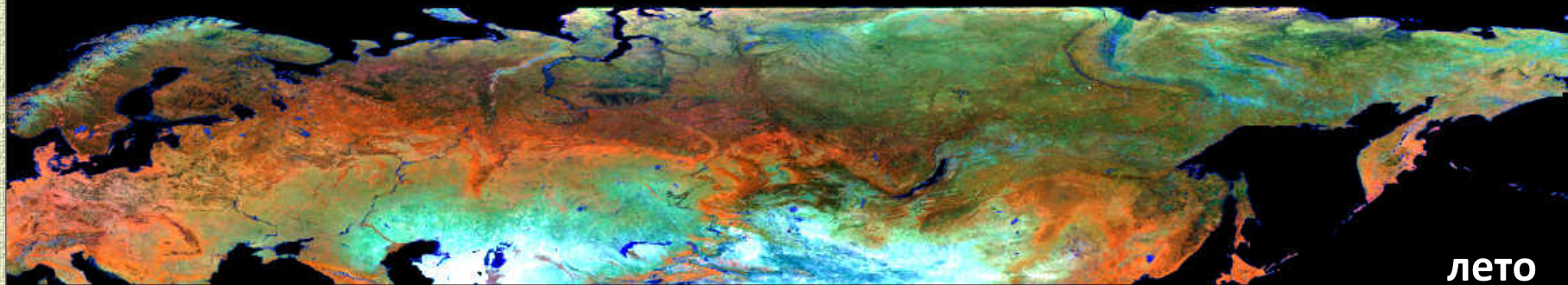
Этап 2: Классификация и тематический анализ данных



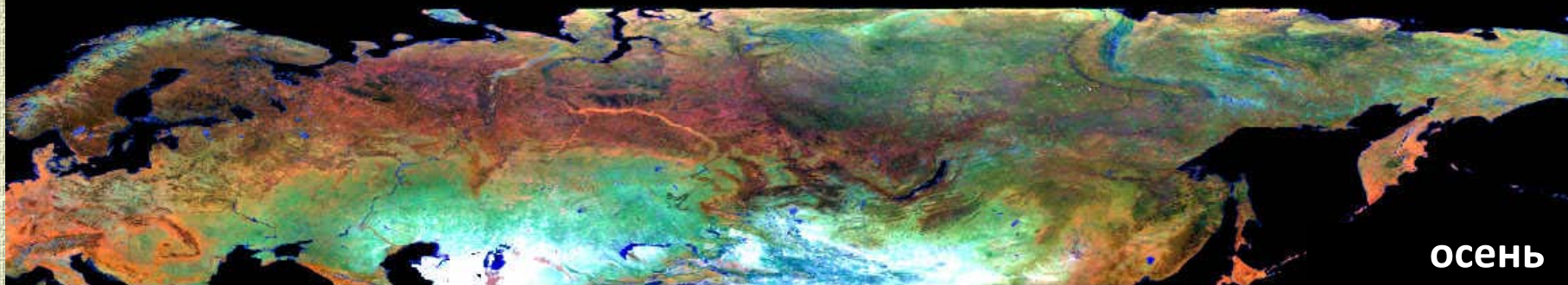
Композитные изображения SPOT-VGT



весна

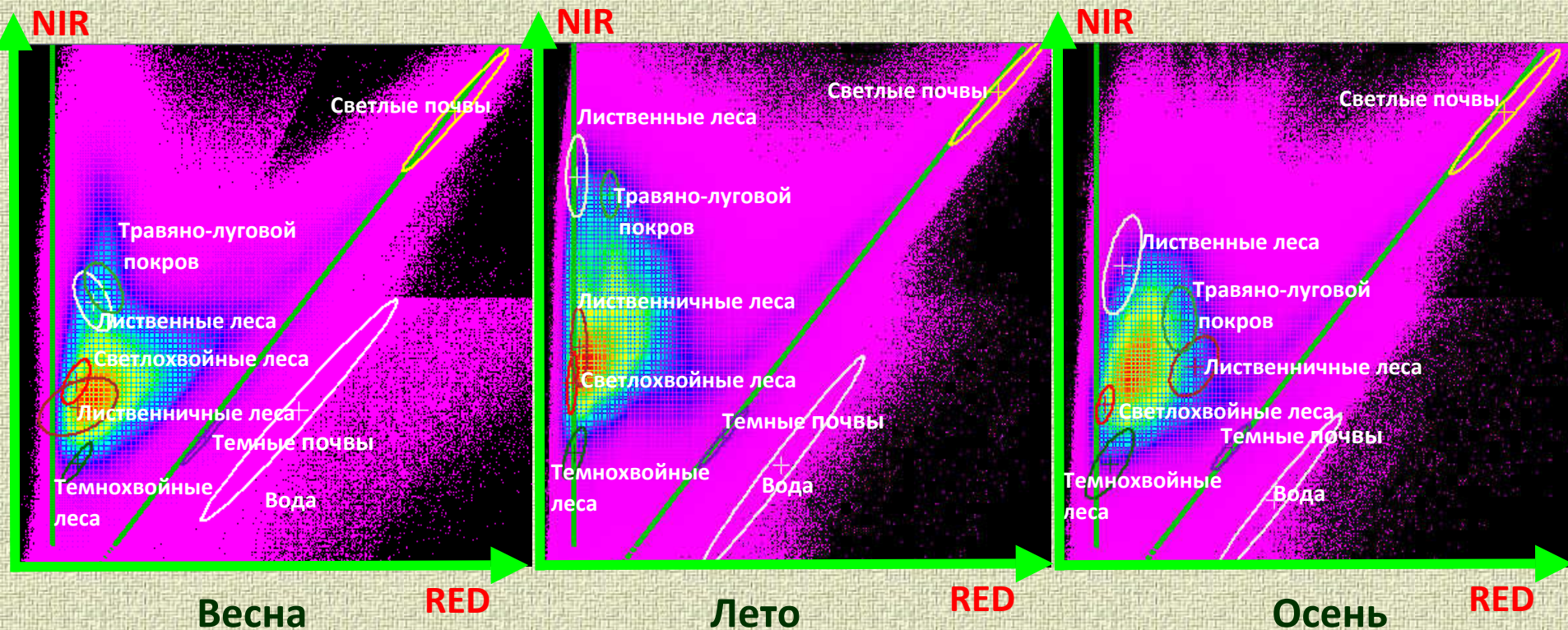


лето



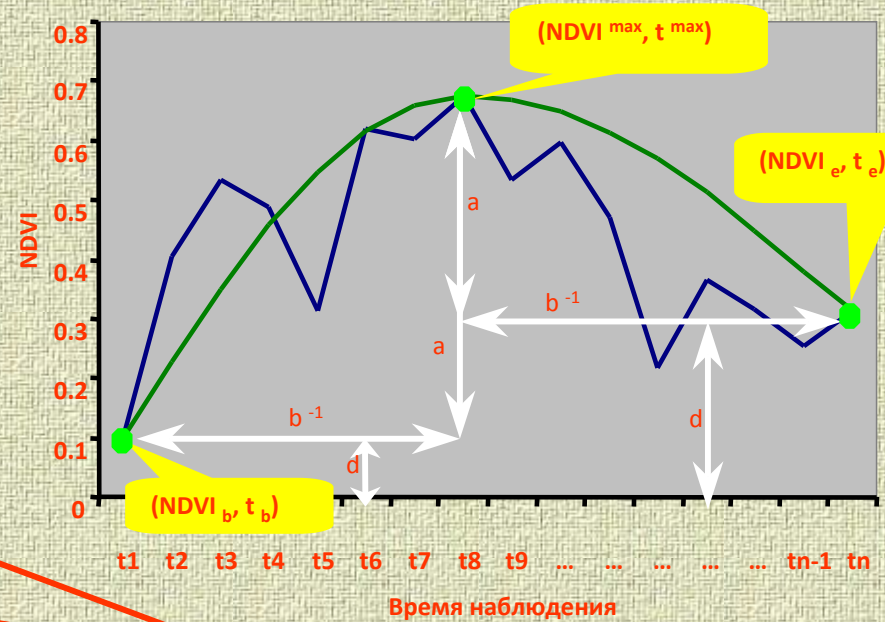
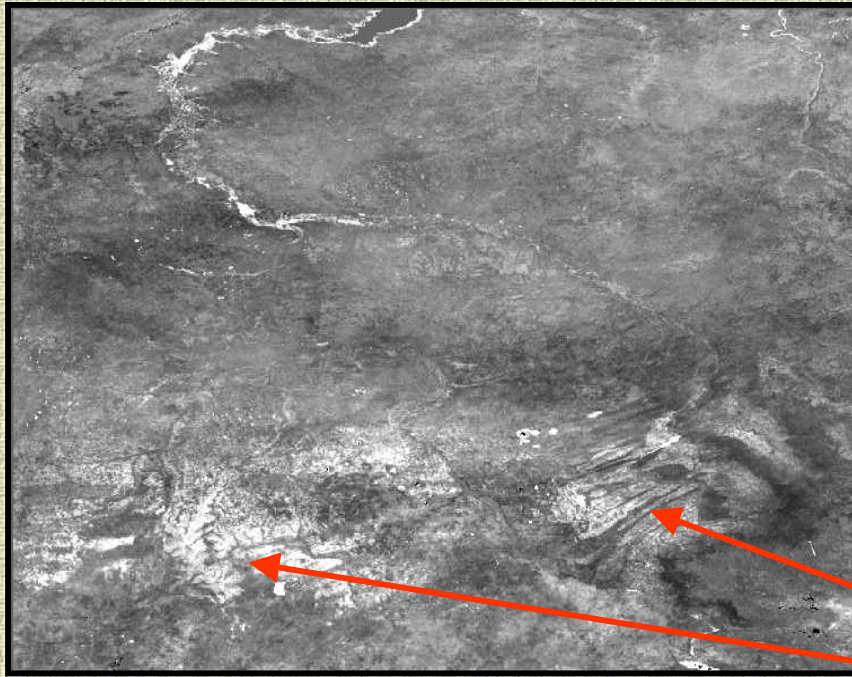
осень

Интерпретация кластеров в двумерном пространстве спектральных яркостей



RED и **NIR** – значения СКЯ в каналах 0.61 – 0.68 мкм и 0.78 – 0.89 мкм

Индекс волнового подобия WLI



Пашотные земли

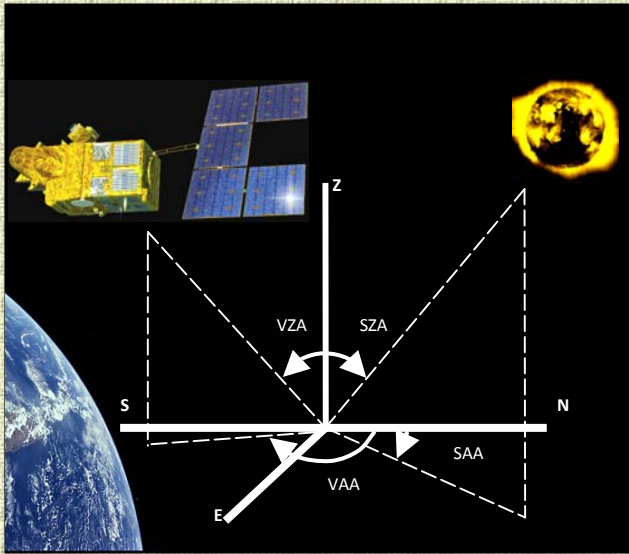
$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}}$$

$$WLI = \frac{\sum_t NDVI^p - \sum_t NDVI}{\sum_t NDVI}$$

$$NDVI^p = a * \sin\left(\frac{\pi}{2} * (b * t + c)\right) + d$$

Индекс *WLI* (*Wave-Likeness Index*) оценивается по временному ряду значений *NDVI* и характеризует меру его отличия в течение вегетационного сезона от идеализированной «волновой» траектории, в качестве которой принимается аппроксимация временного ряда периодической функцией. Использование индекса *WLI* позволяет разделить классы естественной травяной растительности и сельскохозяйственных земель.

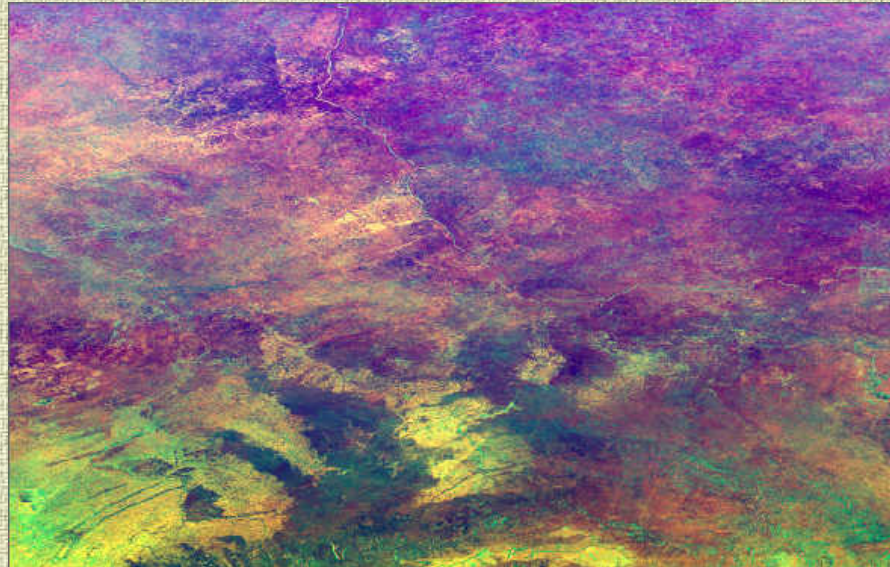
Использование характеристик анизотропии отраженного излучения



VZA - зенитный угол наблюдения

SZA - зенитный угол Солнца

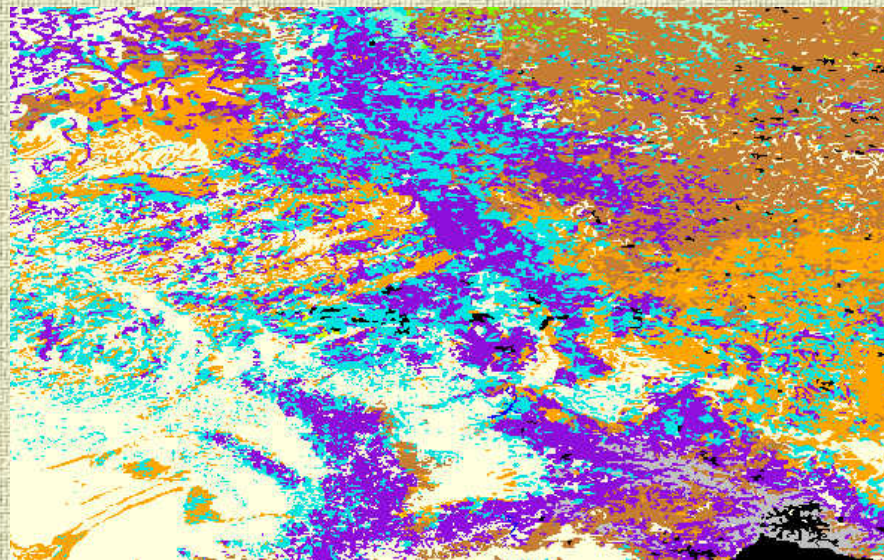
PHA - фазовый угол



M(PHA)

M(VZA)

M(SZA)



Карта лесов

Сравнение выбранных по критерию max NDVI наблюдений с картой лесов

Использование карты наземных экосистем Северной Евразии

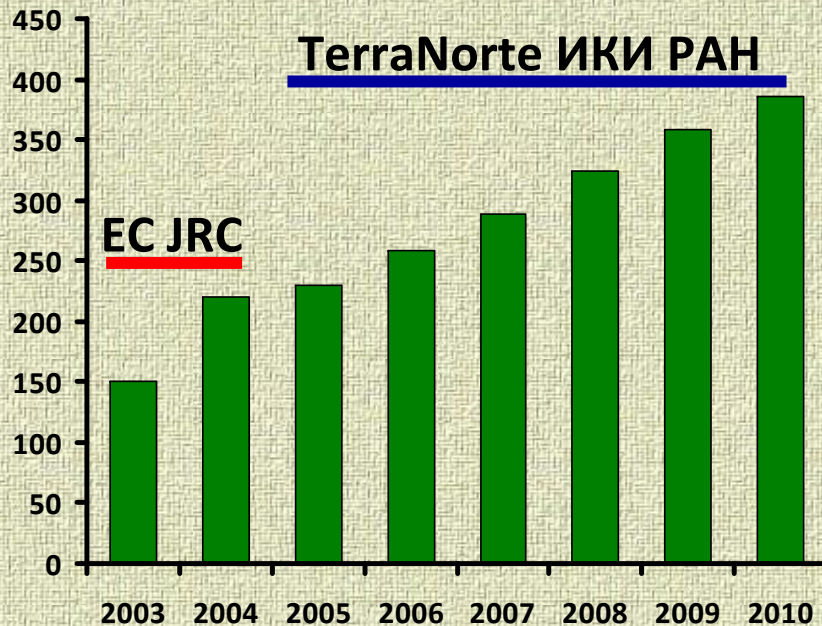
Созданная карта стала составной частью глобальной базы данных **Global Land Cover 2000**, а также

- использовалась как информационная основа в **системах мониторинга лесных пожаров и лесопатологического мониторинга Рослесхоза**;
- использовалась в качестве базовой карты в международном проекте **Millennium Ecosystem Assessment** (ООН);
- демонстрировалась на **Всемирной выставке «ЭКСПО-2005»** (Япония)

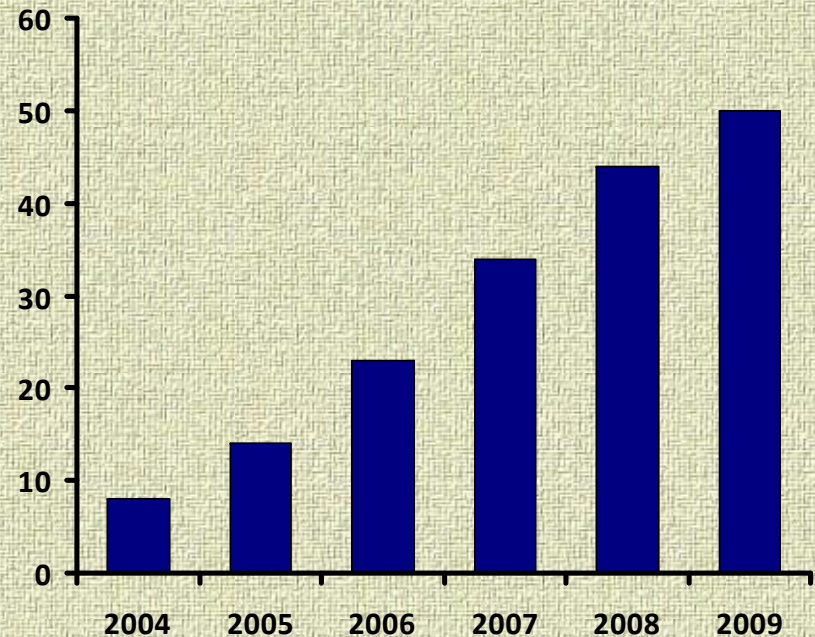
Использование карты наземных экосистем Северной Евразии

Карта насчитывает около **400 зарегистрированных пользователей** в мире (реальное число пользователей трудно поддается учету). За период 2007-2010 годов в среднем каждые 10-15 дней регистрируется новый пользователь.

Опубликованная в 2003 году в IJRS статья по результатам данной работы **цитировалась в международных реферируемых журналах 50 раз** (по данным Web of Science)



Рост числа пользователей карты



Динамика цитирований

Преимущества и ограничения метода создания карты наземных экосистем Северной Евразии

Преимущества:

- использованы спектрально-временные и спектрально-угловые признаки классификации
- относительно большое количество классов легенды
- относительно высокая точность картографирования

Недостатки:

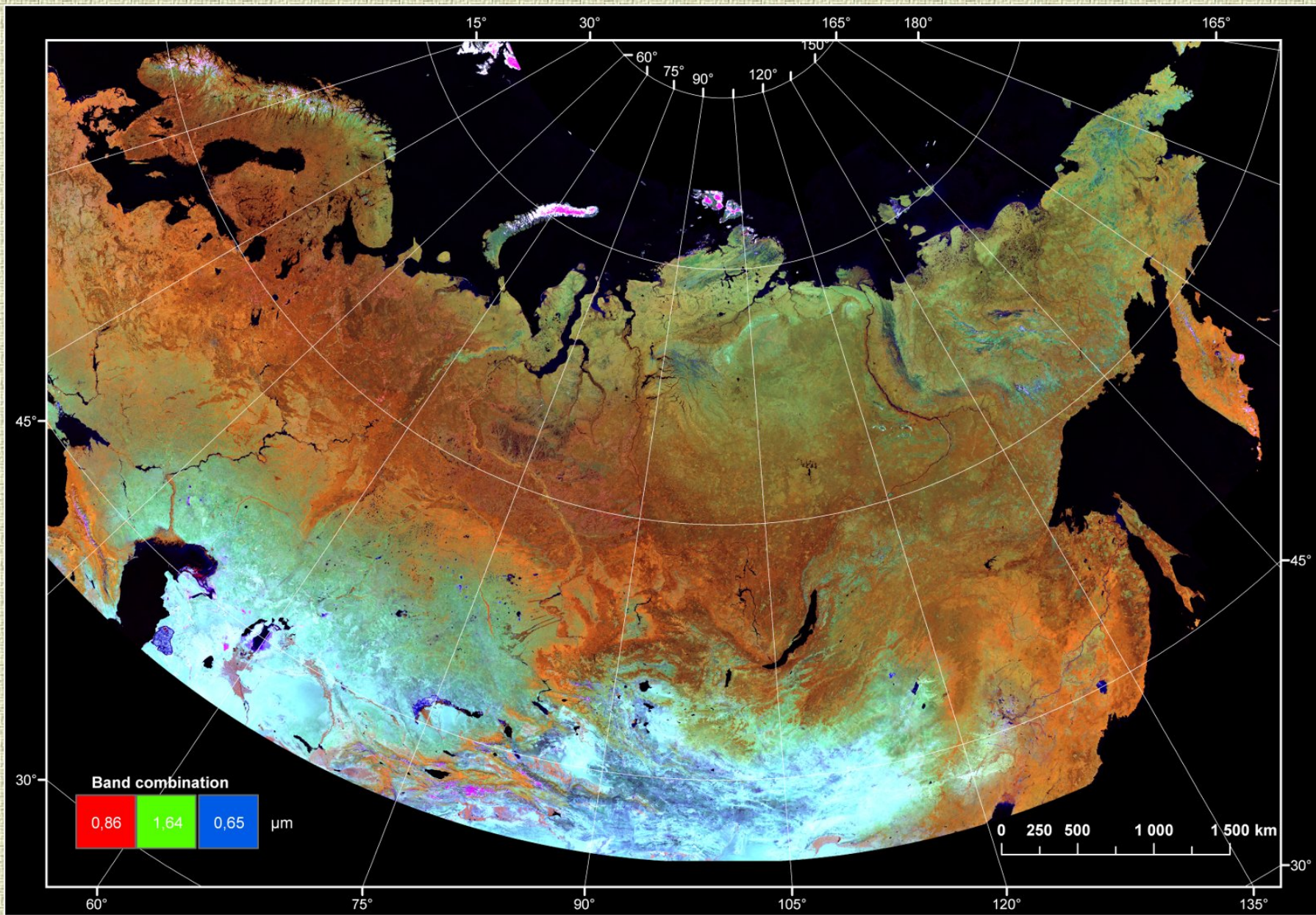
- необходимо экспертное участие при идентификации кластеров
- ограниченные возможности повторения результата

Направления развития спутникового картографирования растительности

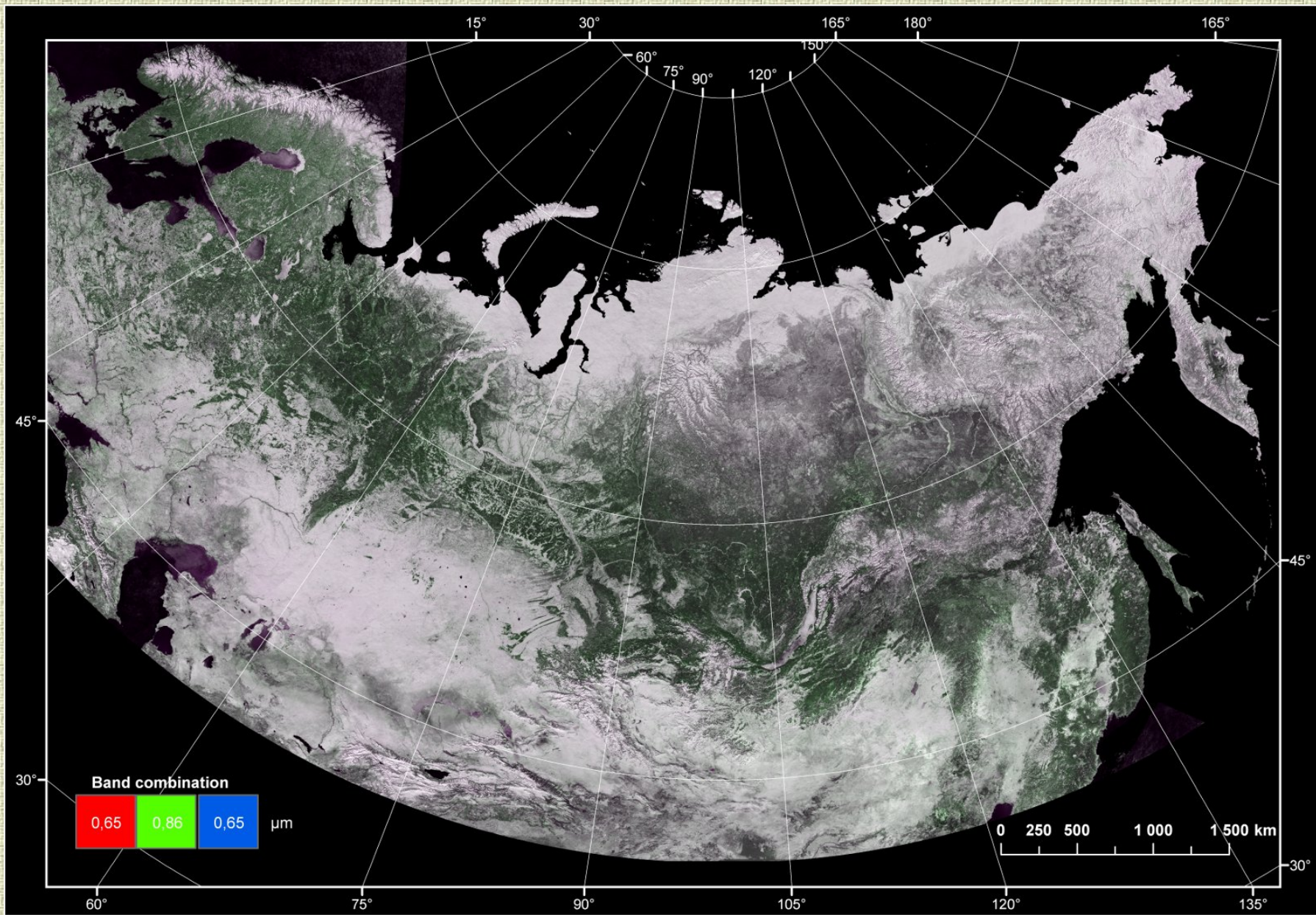
- **повышение пространственного разрешения** с учетом возможностей спутниковых систем (1 км => 250 м => ? 50 м)
- **повышение уровня достоверности** картографирования
- **полная автоматизация** и, как следствие, обеспечение **повторяемости** результатов картографирования (при ежегодной регулярности)
- возможности повышения уровня **тематической детальности** за счет иерархического расширения легенды

Составляющие развития спутникового картографирования растительности

- **Формирование архива спутниковых данных системы MODIS**
 - пространственное разрешение 250&500 м
 - ежедневная частота наблюдений
 - многолетние ряды данных (2000-2010 годы)
- **Разработка методов предварительной обработки данных MODIS**
 - формирование свободных от влияния мешающих факторов композитных изображений и рядов вегетационных индексов
- **Разработка алгоритма локально-адаптивной классификации земного покрова по спутниковым данным**
 - LAGMA – Locally Adaptive Global Mapping Algorithm
- **Разработка набора спектрально-временных признаков распознавания различных типов растительного покрова**
- **Разработка автоматической технологии картографирования наземных экосистем по данным MODIS**
- **Создание банка опорных данных по типам наземных экосистем России на основе комплексирования существующих карт, знаний экспертов и спутниковых данных**

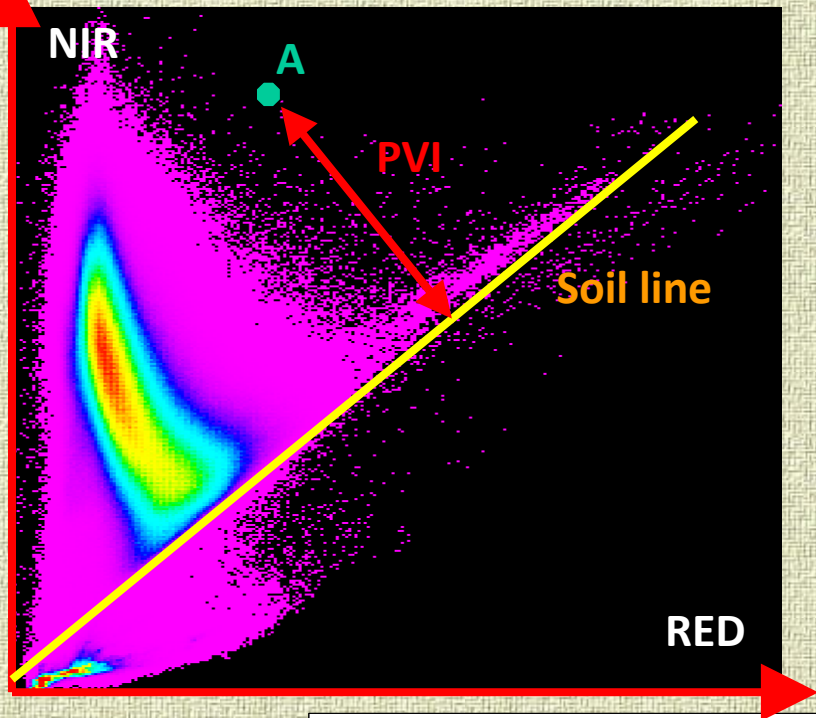


**Синтезированное по данным MODIS изображение
Северной Евразии за вегетационный период**



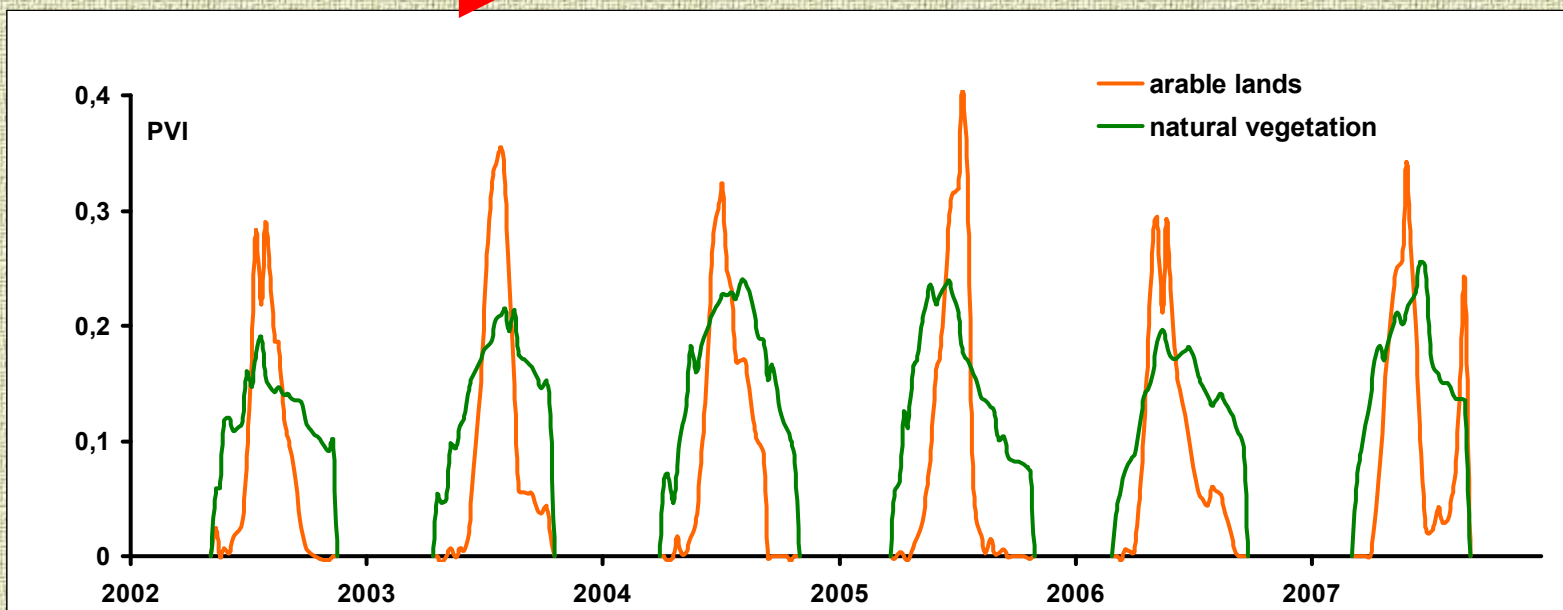
**Синтезированное по данным MODIS изображение
Северной Евразии за снежный период**

Анализ многолетних рядов данных



$PVI = \text{Distance (A, Soil line)}$

$$PVI = -0.83 * RED + 0.56 * NIR - 0.005$$

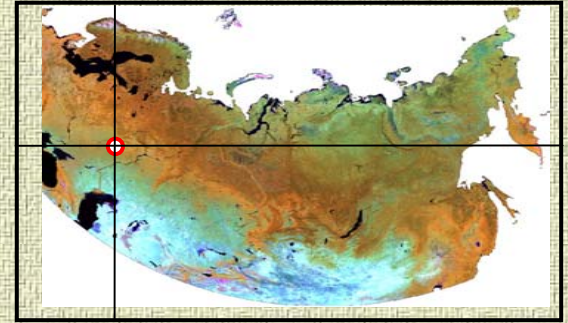
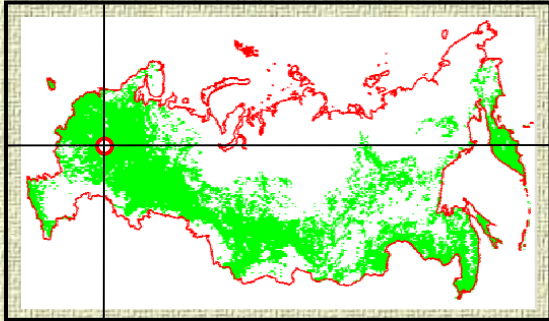


Признаки распознавания пахотных земель на основе данных MODIS

Признак	Описание	Изображение	Гистограмма
Индекс кратчайшего периода вегетации	$L_{1/2} = \min_{j=1..N} (t_L^j - t_F^j),$ $PVI(t_L) = PVI(t_F) = \frac{PVI_{max}}{2},$ $t_L > t_{max}, t_F < t_{max}$		
Индекс весеннего развития растительности	$MSI = \min_{j=1..N} \sum_{i \in spw} PVI_{ij}$		
Индекс сезонного снижения биомассы	$NSMI = const - \frac{\sum_{j=1}^N PVI_j^{\min \in sw}}{\sum_{j=1}^N \sum_{i \in sw} PVI_i}$		

Метод глобального картографирования

LAGMA



Локальные спектрально-временные сигнатуры

$$\Sigma_i$$

Ковариация признаков

$$\bar{a}_i$$

Средние значения признаков

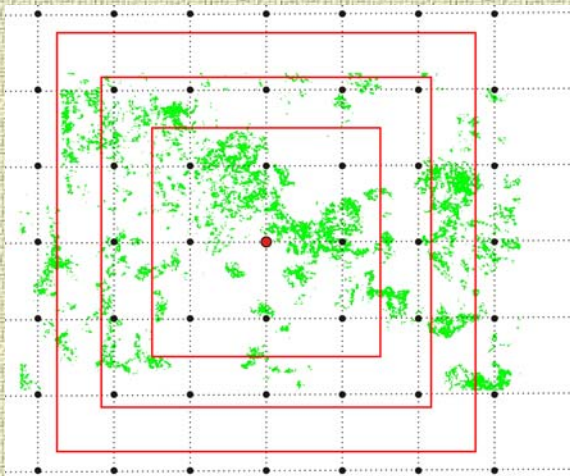
$$n_i$$

Количество пикселей

Спектрально-временные признаки классификации

$$\bar{x}$$

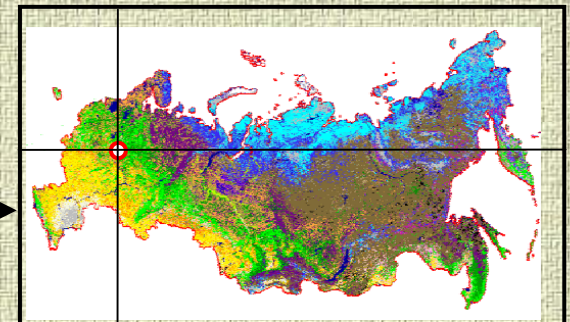
Значение признаков для классифицируемого пиксела



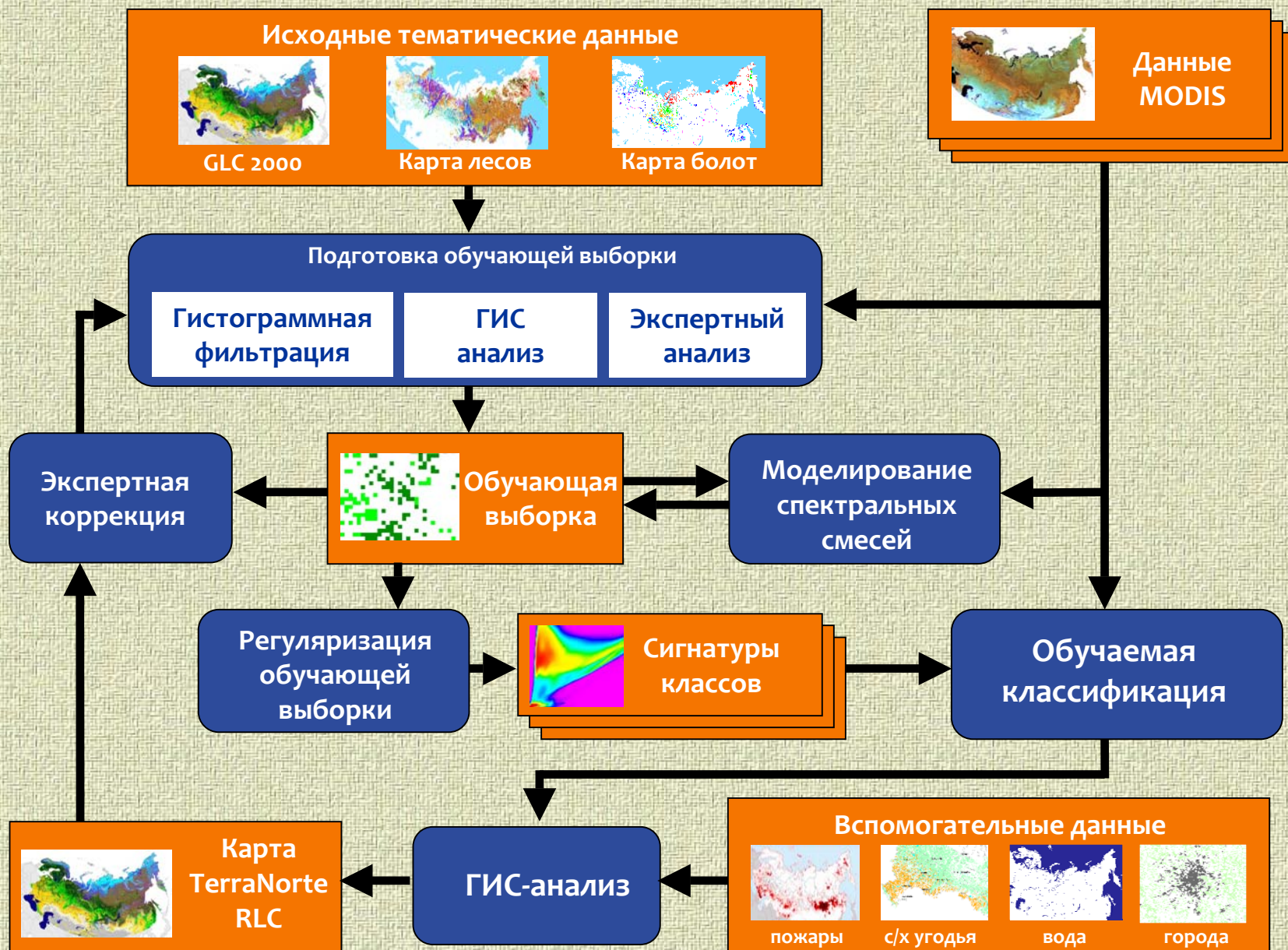
Классификатор

$$f_i(\bar{x})$$

Вероятности для классов



Метод создания карты TerraNorte RLC



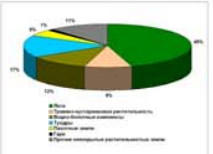
КАРТА РАСТИТЕЛЬНОСТИ РОССИИ



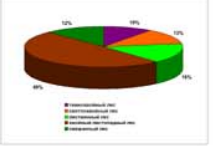
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|--|--|
| ВЕСА | ПОДРА |
| <ul style="list-style-type: none"> Травянистые сообщества Степные сообщества Саванны Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами | <ul style="list-style-type: none"> Кустарниковые сообщества Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами |
| ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | ПРОЧИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ |
| <ul style="list-style-type: none"> Леса Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами | <ul style="list-style-type: none"> Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами Саванны с субтропическими лесами |

НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ



ДЕСА



КАРТА РАСТИТЕЛЬНОСТИ РОССИИ

Карта растительности России создана по данным спутниковой системы Landsat/OLI и обработана в соответствии с УМО РАН, тематическая антропогенная оценка данных дистанционного зондирования. Метод картографирования основан на классификации растительности в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне с использованием алгоритмов спектральной разности, индексов влажности и учета особенностей фенологической динамики растительности. Классификация спутниковых изображений осуществляется с использованием тематической обработки данных, на основе результатов которой выявлены спектрально-структурные характеристики земель полевых культур, лесных массивов и т.д. Разрешение растительности по данным спутниковой системы Landsat/OLI составляет 30 м. Разрешение растительности по данным спутниковой системы Landsat/OLI составляет 30 м.

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Карта растительности России создана коллективом Института космических исследований РАН в рамках по программе «Векторы и перспективы лесов России».

Авторы:
 Барташева С.А., Ерохин Д.В., Яковлев А.С., Лукин Е.А., Уваров И.А.,
 при участии
 Ваткина Е.И., Егорова В.А., Мухоморова М.А., Полочина Д.Е., Соловьева Е.Н., Спиринцев В.В.

1:5 000 000
 1 см = 50 км

Карта растительного покрова России TerraNorte RLC (пространственное разрешение 250 м)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ЛЕСА



Темнохвойные вечнозеленые

Насаждения, в пологе которых не менее 80% площади крон составляют теневыносливые виды хвойных деревьев, включая ель, лиственницу и сибирскую сосну (кедр).



Светлохвойные вечнозеленые

Насаждения, в пологе которых не менее 80% площади крон составляют доминирующие сосны и ели обыкновенной.



Листоветные

В пологе насаждения не менее 80% площади занимают кроны березы и осины, а также широколиственных пород, включая дуб, липу, ясеня, клен, вяз и некоторые другие виды.



Смешанные с преобладанием хвойных

Кроны хвойных пород деревьев занимают от 60 до 80%, а лиственных от 20% до 40% площади полого насаждений.



Смешанные

Площади крон хвойных и лиственных пород деревьев представлены примерно в равных пропорциях (40-60%) в пологе насаждений.



Смешанные с преобладанием лиственных

Кроны лиственных пород деревьев занимают от 60 – 80%, а хвойных от 20% до 40% площади полого насаждений.



Хвойные листопадные (лиственничные)

В пологе насаждений кроны деревьев лиственницы занимают более 80% площади.



Редины хвойные листопадные (лиственничные)

Участки, занятые отдельно стоящими деревьями или разреженными насаждениями лиственницы с проективным покрытием крон менее 20%.

ТРАВЯНО-КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ



Лука

Травяная растительность с продолжительностью вегетационного сезона более 5 месяцев. Видовой состав характеризуется господством многолетних трав, главным образом злаков и осоковых, в условиях достаточного увлажнения. Площадь проекции крон деревьев и кустарников на земную поверхность составляет менее 20%.



Степи

Травяной покров образован преимущественно засухоустойчивыми многолетними дерновинными злаками (ковыль, типчак, полын, житняк и др.). Встречается большое разнообразие видов стелных кустарников и полукустарников, а также короткоцветущих эфемероидов и эфемеров.



Хвойные вечнозеленые кустарники

Кустарниковые заросли или низкорослые леса из кедрового стланика.

ТУНДРА



Кустарничковая

Сухая тундра с редкой фрагментарной растительностью, среди которой доминирует виды альпартитических кустарничковых сообществ высотой менее 15 см. Распространены также мохово-лишайниковый покров и разнотравье.



Травянистая

Тундра представлена главным образом различными видами трав и мхов, произрастающими на сырых почвах и образующими сплошной растительный покров. Часто встречаются кустарнички высотой до 40 см.



Кустарниковая

Доминируют кустарники (карликовая береза и различные виды ивы) высотой более 40 см, иногда с примесью можжевельника, ольхи или кедрового стланика.

ВОДНО-БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ



Болота

Территории, характеризующиеся избыточным увлажнением с преобладанием растительного покрова из мхов, лишайников, тростника, осоки и некоторых других видов. Часто встречаются участки с наличием редкого (< 20%) древесного полога.



Прибрежная растительность

Гидрофильная травяная и древесно-кустарниковая растительность по берегам водоемов, часто периодически затопляемая.

ПРОЧАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ



Свежие гари

Погибшие или сильно поврежденные от воздействия огня лесные насаждения и тундровая растительность.



Пахотные земли

Регулярно возделываемые на протяжении последних 5-ти лет пахотные земли.

НЕ ПОКРЫТЫЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗЕМЛИ



Вечные снега и льды

Земли, покрытые снегами и льдами в течение всего года.



Открытые грунты и выходы горных пород

Земли, суммарное проективное покрытие которых растительностью всех видов не превышает 20%.



Реки и водоемы

Открытые водные объекты, включая моря, озера, водохранилища и реки.



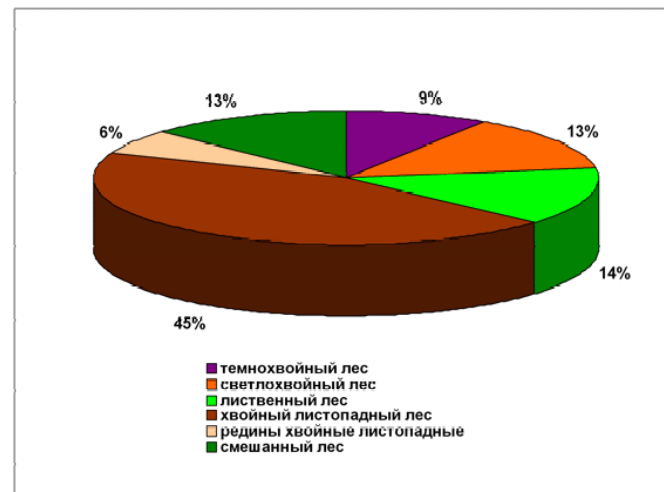
Урбанизированные территории

Населенные пункты, дороги и другие образования антропогенного происхождения.

НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ



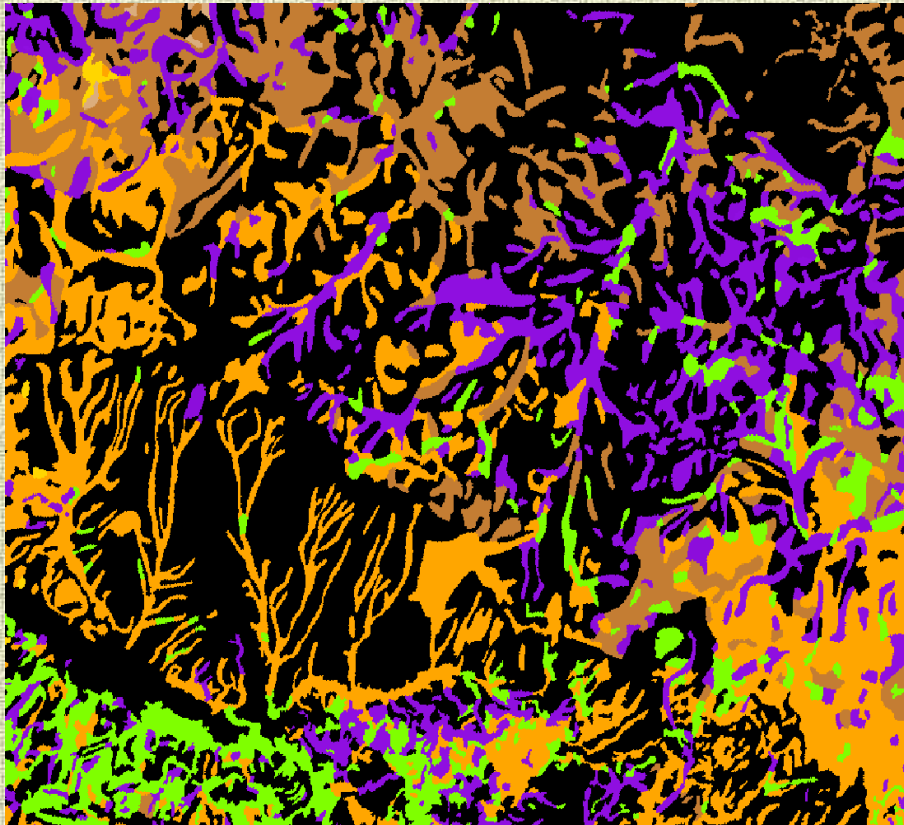
ЛЕСА



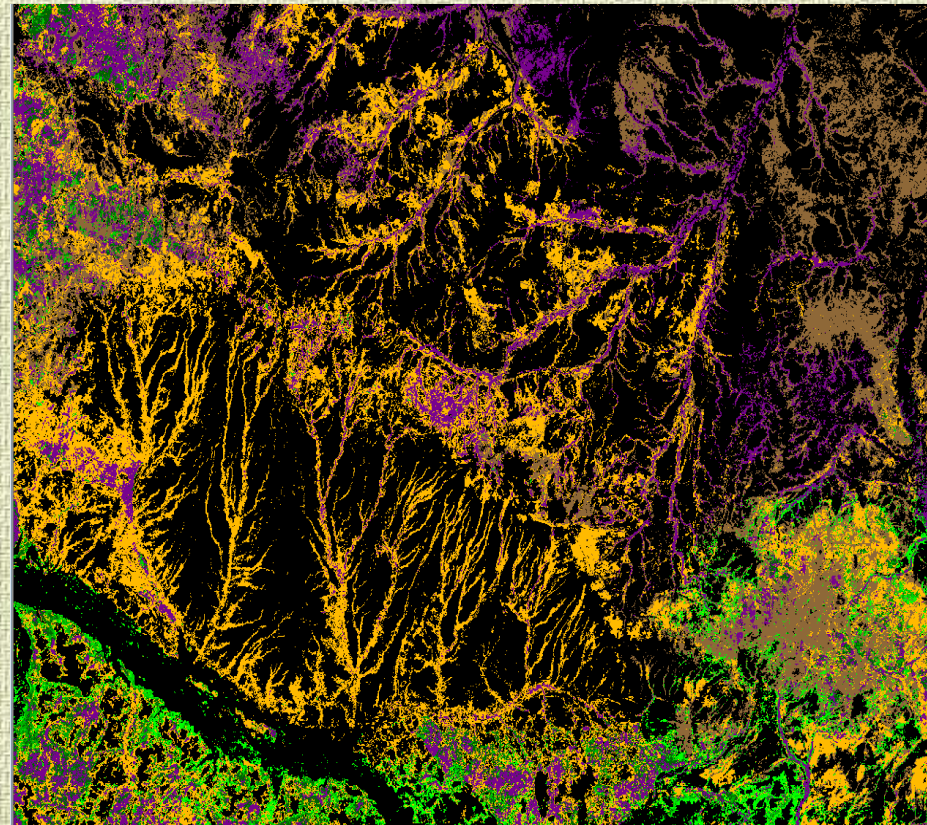
Легенда карты TerraNorte RLC

Сравнительный анализ карт растительного покрова

Ханты-Мансийский А.О.



Карта лесов СССР, 1990



TerraNorte RLC, 2005



Темнохвойные вечнозеленые леса



Светлохвойные вечнозеленые леса



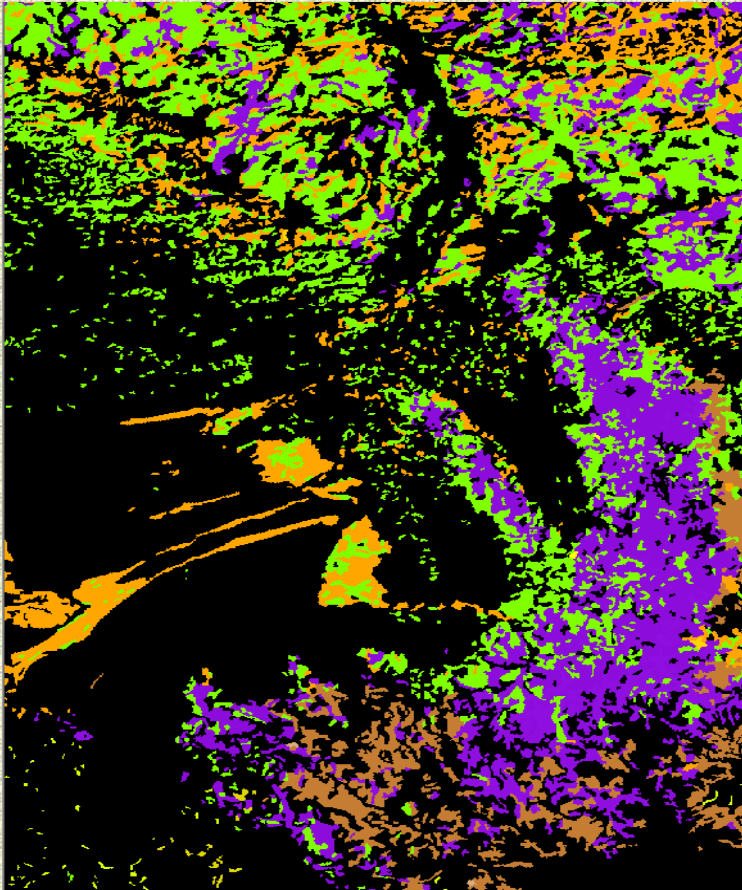
Лиственные леса



Хвойные листопадные леса

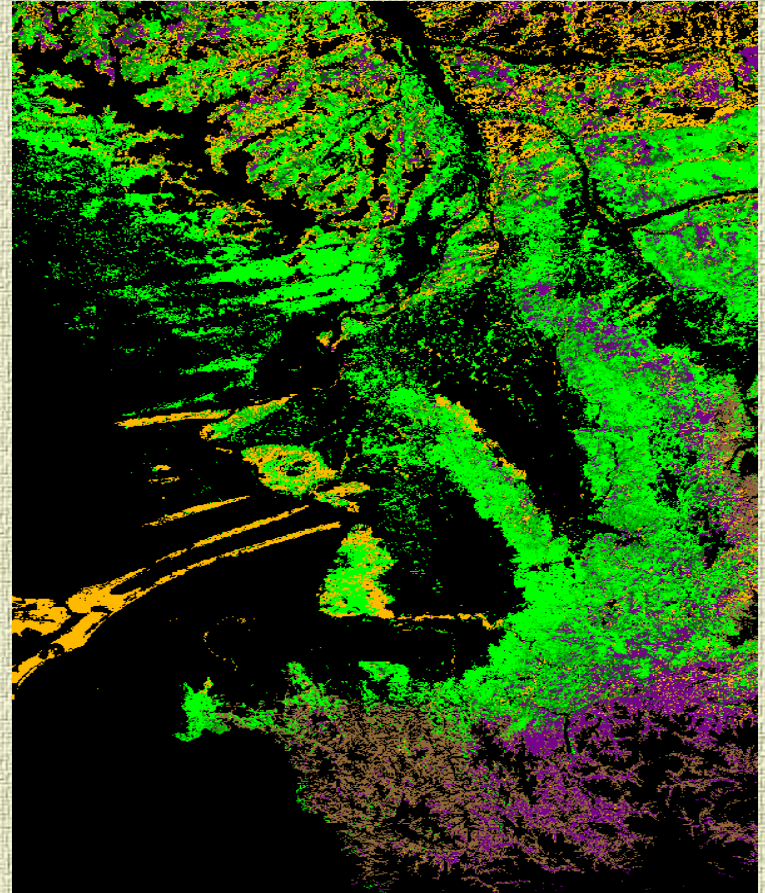
Сравнительный анализ карт растительного покрова

Алтайский край



Карта лесов СССР, 1990

- Темнохвойные вечнозеленые леса
- Светлохвойные вечнозеленые леса

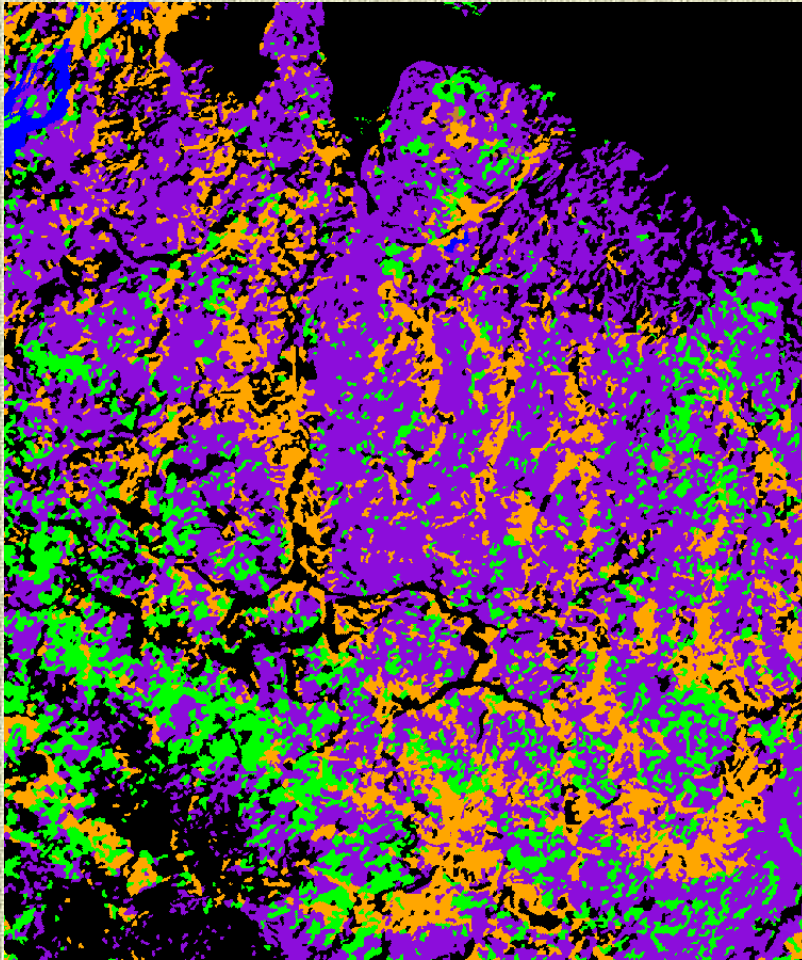


TerraNorte RLC, 2005

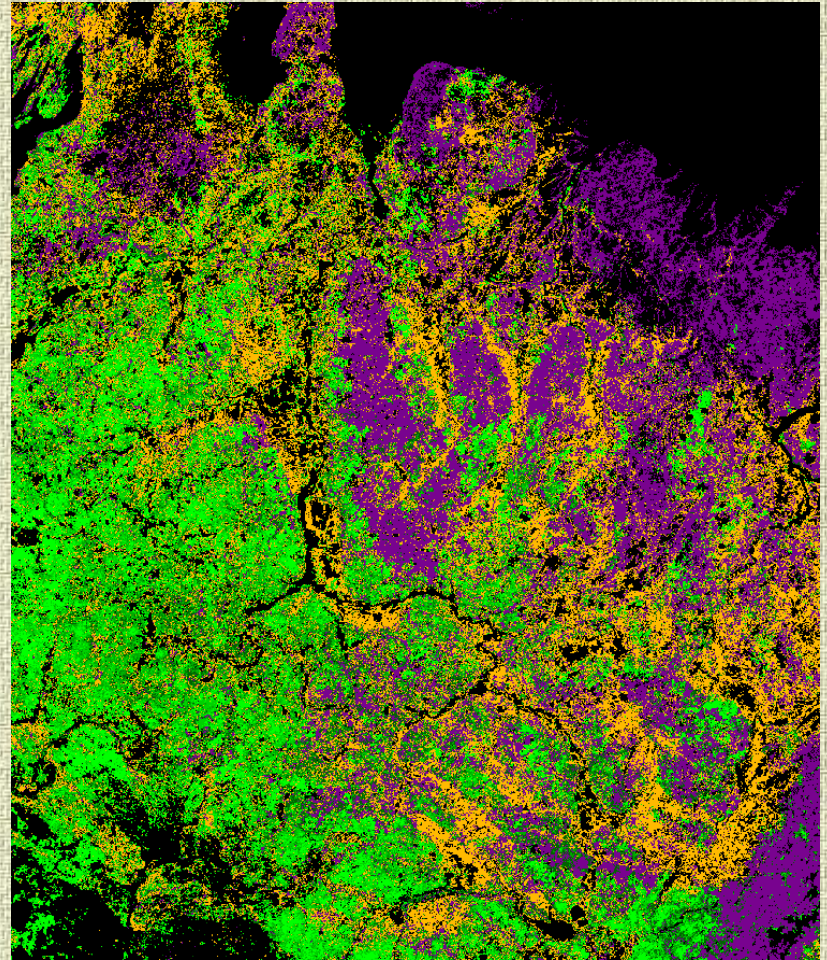
- Лиственные леса
- Хвойные листопадные леса

Сравнительный анализ карт растительного покрова

Север Европейской части России



Карта лесов СССР, 1990



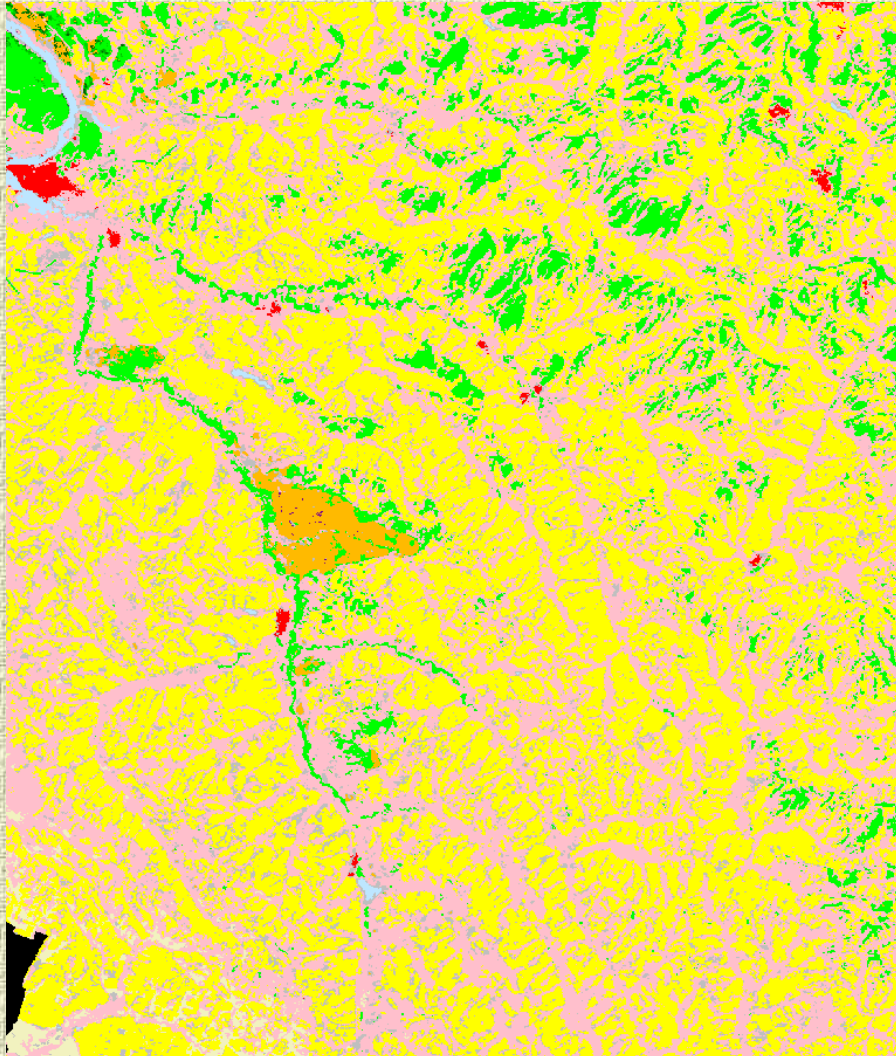
TerraNorte RLC, 2005

- Темнохвойные вечнозеленые леса
- Светлохвойные вечнозеленые леса

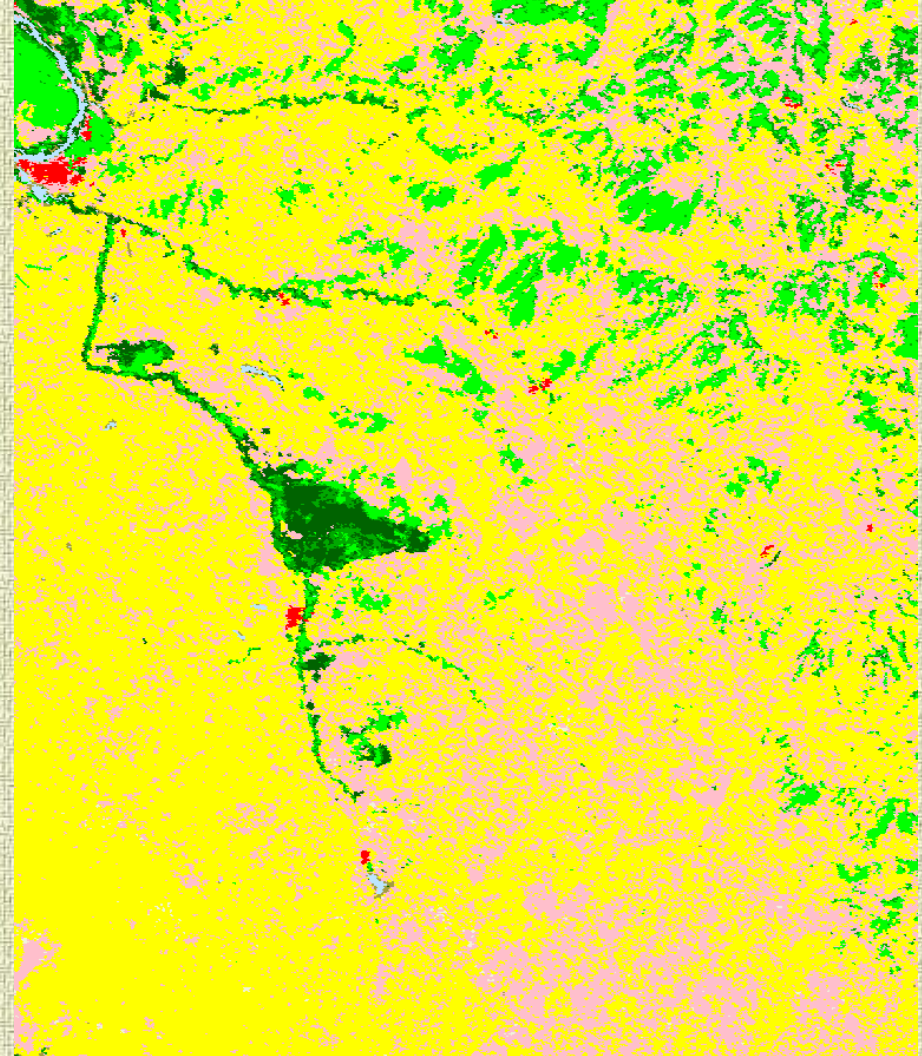
- Лиственные леса
- Хвойные листопадные леса

Сравнительный анализ карт растительного покрова

Алтайский край



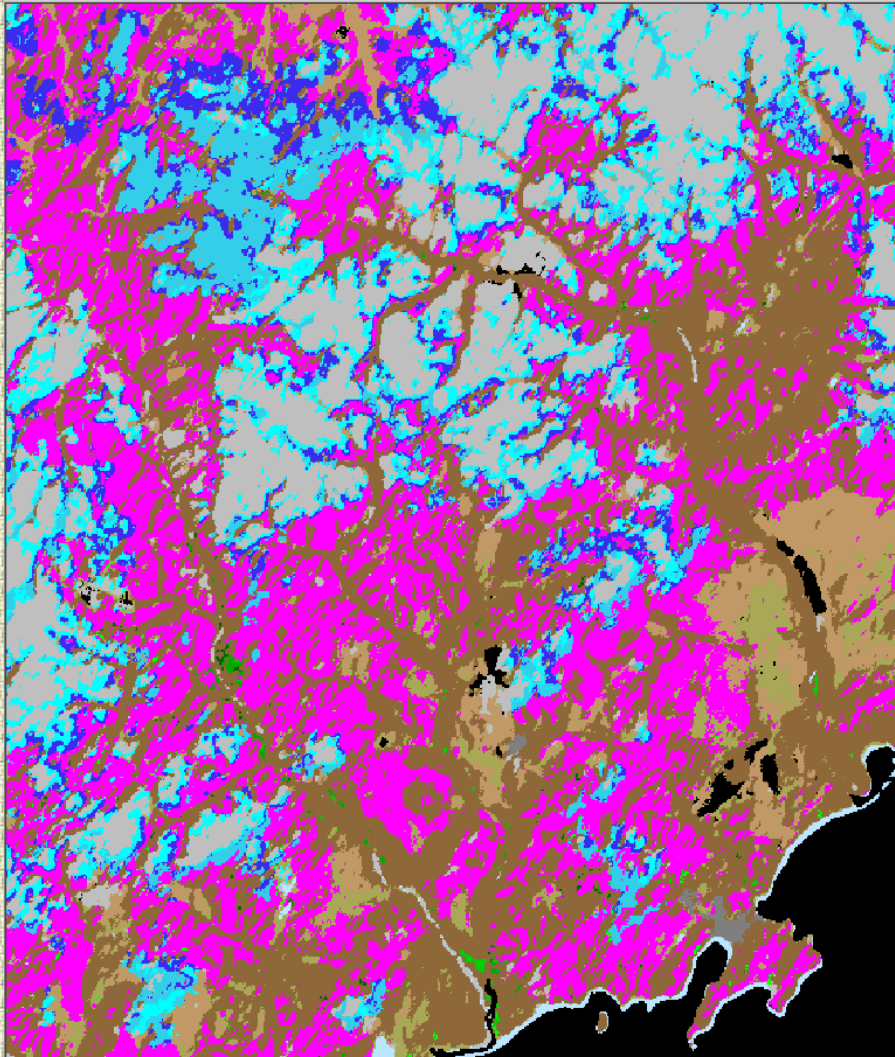
TerraNorte RLC, 2005 (MODIS, 250 m)



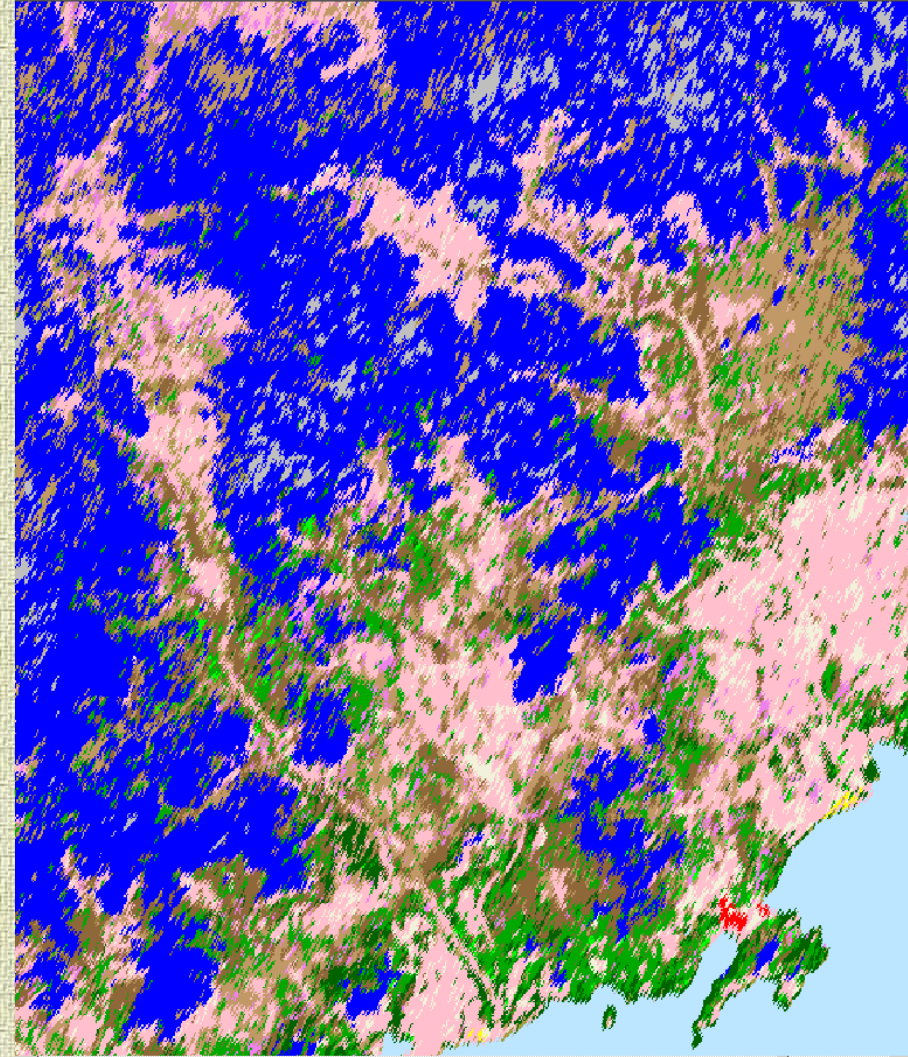
NELDA, 2005 (MODIS, 500 m)

Сравнительный анализ карт растительного покрова

Магаданская область



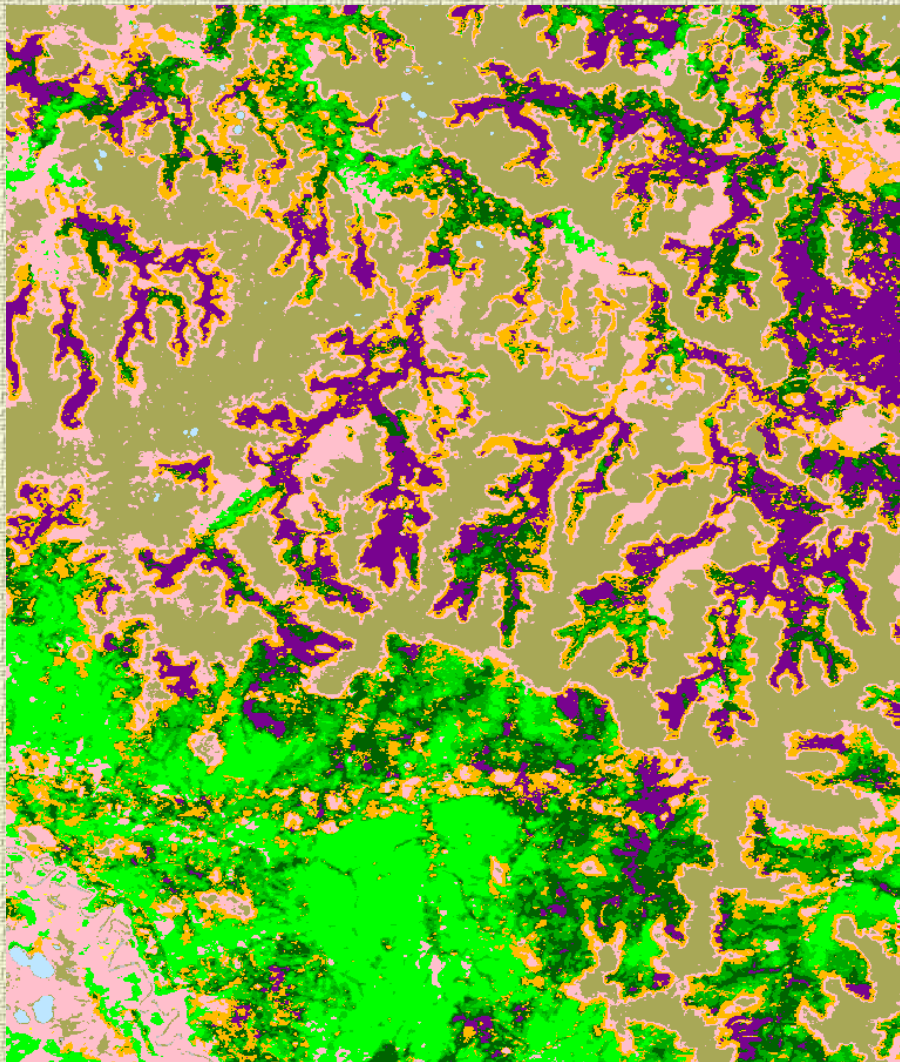
TerraNorte RLC, 2005 (MODIS, 250 m)



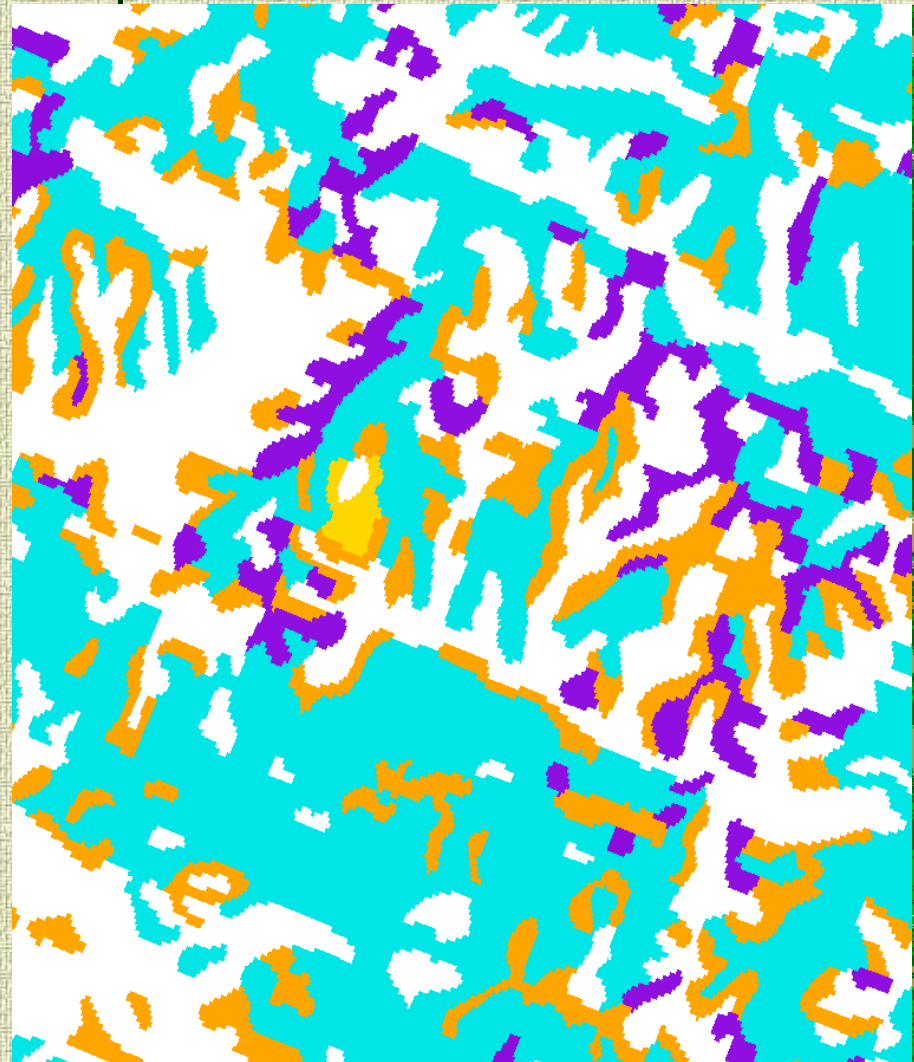
NELDA, 2005 (MODIS, 500 m)

Сравнительный анализ карт растительного покрова

Алтайский край

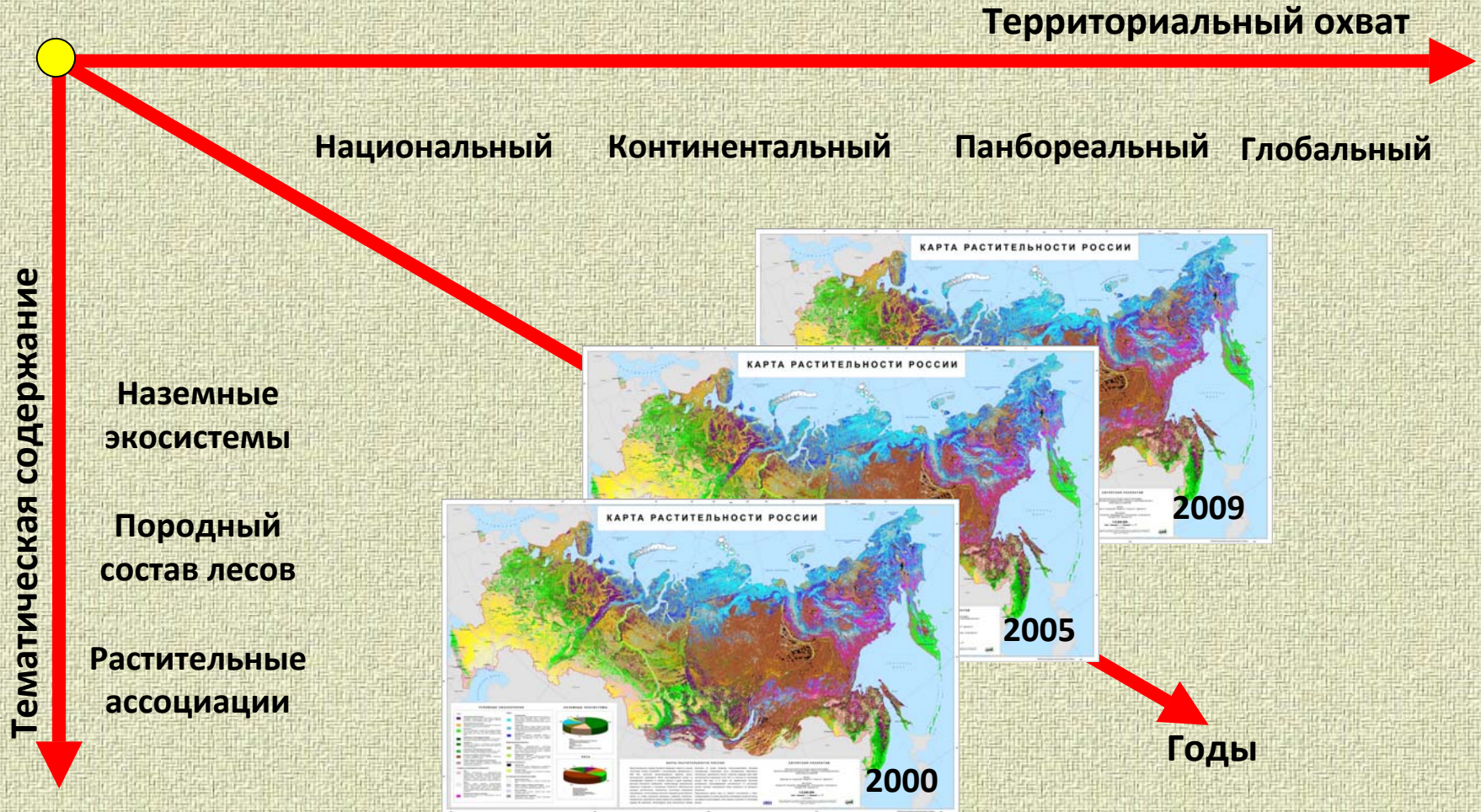


TerraNorte RLC, 2005 (MODIS, 250 m)



NBR1A, 2005 (MODIS, 1000 m)

Направления развития спутникового картографирования растительности



Повышение уровня пространственного разрешения

Следующий шаг: 250 м => 50 м (?)

**На различных этапах создания карты TerraNorte RLC
неоценимую помощь оказали сотрудники отдела
технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН и
лаборатории мониторинга лесов ЦЭПЛ РАН**

**Белова Е.И., Бурцев М.А.,
Жарко В.О., Кузьменко Н.В.,
Медведева М.А., Социлова Е.Н.,
Стыценко Ф.В., Ярунина Т.А.**

**Авторский коллектив выражает всем им
искреннюю признательность !!!**