

# **Создание карты лесов Ханты-Мансийского округа на основе космических снимков среднего разрешения**

***Хамедов В.А.(1) , Копылов В.Н.(1) , Полищук Ю.М.(1) ,  
Сугаипова А.Н.(1) , Шимов С.В.(2)***

- (1) Югорский НИИ информационных технологий
- (2) Ханты-Мансийская экспедиция Западно-Сибирского филиала государственной инвентаризации лесов ФГУП «Рослесинфорг»

г.Ханты-Мансийск

ШЕСТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Современные  
проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»  
Москва, 10–14 ноября 2008 г.

Целью работы явилось создание на основе космических снимков земной поверхности цифровой карты лесов на территорию ХМАО для проведения комплексного экологического мониторинга воздействий природных и техногенных факторов на лесной комплекс региона.

Работа выполнена в рамках госзаказа Правительства ХМАО-Югры

При выполнении работы были использованы следующие материалы:

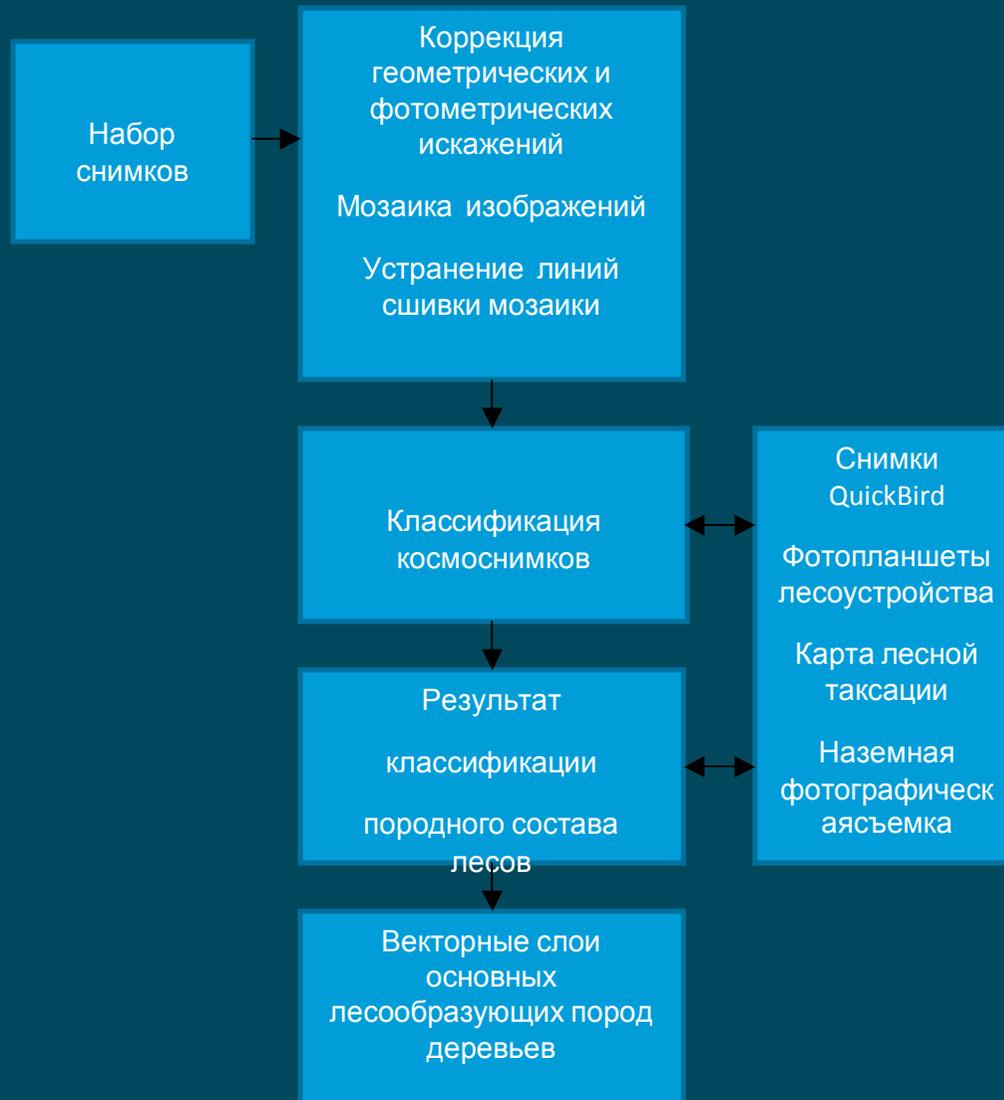
*Для получения карты лесов:*

Космические снимки с КА LandSat, Метеор-3М

*Для эталонных участков и для оценки достоверности результатов классификации дополнительно использовались:*

Космические снимки с КА QuickBird, фотопланшеты (М 1:5000), материалы лесоустройства 1997г, наземная фотосъемка.

## Основные этапы построения карты лесов



Площадь округа составляет около 50 млн.га. Для корректного выполнения классификации необходимо использовать ландшафтное районирование территории, провести предварительную обработку подобранных космических снимков. Результат классификации породного состава лесов подвергается многократной проверке с использованием разнородных данных с повторным проведением классификации при необходимости.

# Ландшафтное районирование



**Условное обозначение**

**Ландшафтное районирование (ландшафтные области)**

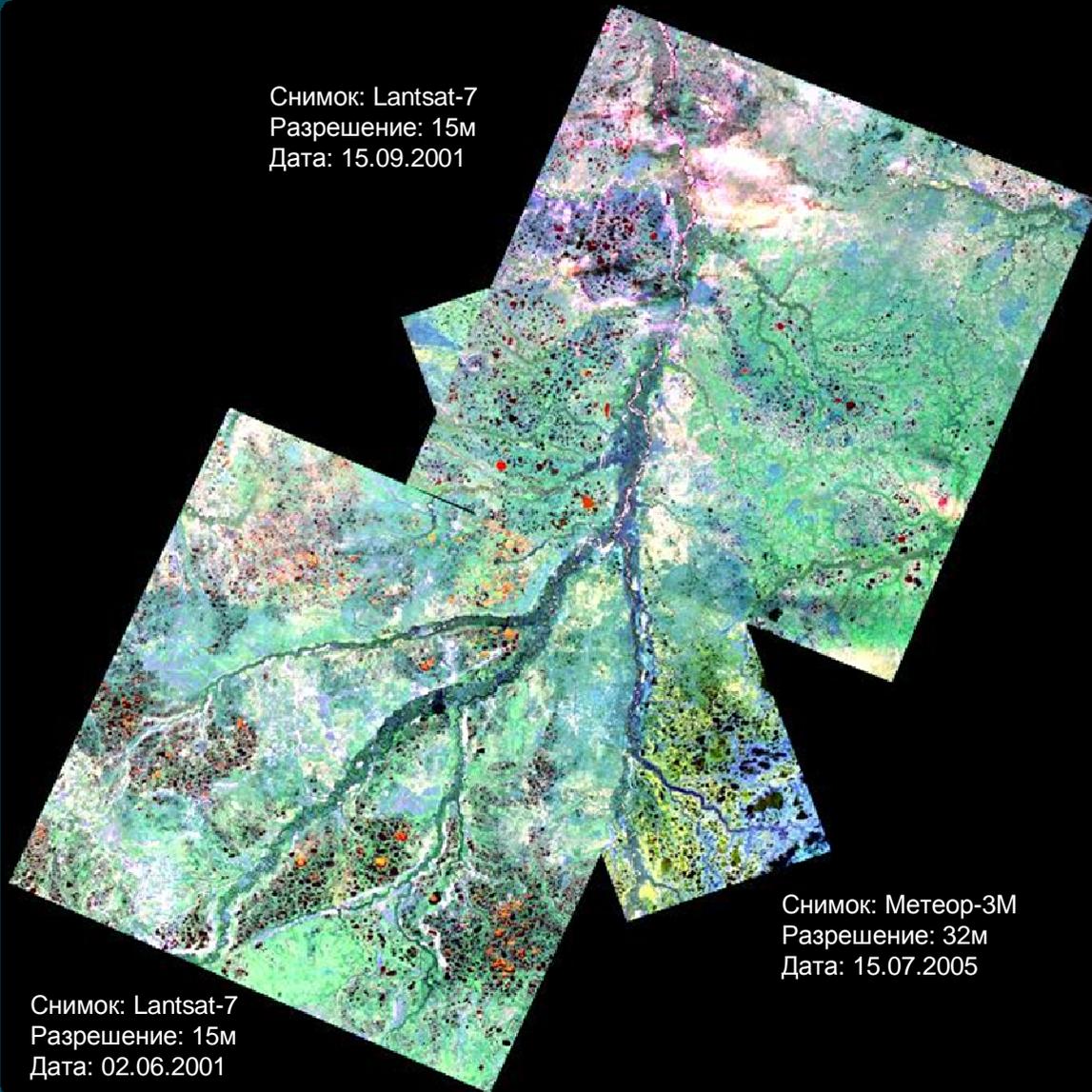
- Вахско-Приенисейская среднетаежная
- Кетско Вахская среднетаежная
- Кондинско-Сургутско-Вахская средне- и южнотаежная
- Область Приполярного Урала
- Область Северного Урала
- Обско-Иртышская северо- и среднетаежная (долинная)
- Полуйско-Надымская северотаежная
- Сибирско-Увальская среднетаежная
- Урало-Обская северо- и среднетаежная
- Юганско-Иртышская средне- и южнотаежная



Район	Распределение площади лесов по породам, в млн.га		
	всего хвойных	всего лиственн.	всего
Березовский	5,56	0,95	6,51
Белоярский	2,17	0,29	2,46
Кондинский	1,78	0,58	2,36
Нефтеюганский	0,69	0,56	1,25
Нижневартовский	4,97	1,18	6,15
Октябрьский	1,20	0,31	1,51
Советский	1,94	0,18	2,12
Сургутский	2,48	0,86	3,34
Х.-Мансийский	1,58	0,54	2,12
<b>ВСЕГО:</b>	<b>22,37</b>	<b>5,45</b>	<b>27,82</b>

## Построение мозаичных покрытий с разных спутников

Снимок: Lantsat-7  
Разрешение: 15м  
Дата: 15.09.2001



Снимок: Lantsat-7  
Разрешение: 15м  
Дата: 02.06.2001

Снимок: Метеор-3М  
Разрешение: 32м  
Дата: 15.07.2005

**Анализ комбинаций спектральных каналов  
разносезонных космических снимков**

## Анализ комбинаций спектральных каналов



На весеннем снимке различаются оттенками зеленого разные типы растительности (6:4:2), хорошо различима текстура подстилающей поверхности (3:2:1). Это может быть обусловлено породным составом, возрастом пород, сомкнутостью кроны, особенностями рельефа, различной степенью увлажнения почв. Лиственные породы ещё без листвы, хорошо разделяются от хвойных. Заболоченные лиственные участки хорошо отделимы от лиственных пород. Кустарники выглядят как открытые почвы, но их можно отличить по более темному оттенку. Пойма Оби и Иртыша лишена растительности, частично покрыта снегом и льдом, поймы притоков и балок подпружены и залиты водой.



Летний снимок сделан во время максимального уровня воды в пойме, свободная от воды поверхность покрыта растительностью, которая на снимке отображается оттенками зеленого. Хвойные породы – темно-зеленым, лиственные – светло-зеленым, растительность на болотных и заболоченных почвах, луговин – оттенками коричневого и салатого.

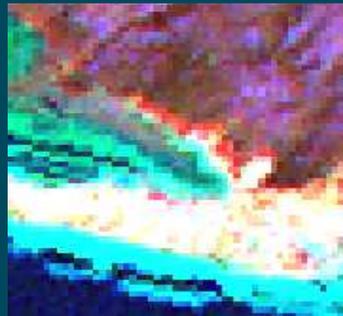


На осеннем снимке листва лиственных пород отображается желто-оранжевыми оттенками (3:2:1) как нездоровая растительность, голубыми в 6:4:2 в отличие от хвойных пород, которые остаются зелеными, растительность болот и заболоченных участков – оттенками коричневого и коричнево-зеленого. Долины ручьев и балок – лилово-синие. В целом, осенний снимок дает много информации и цветовых оттенков.

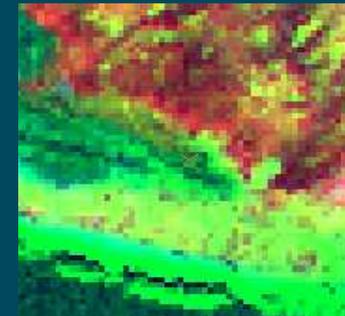
## Анализ комбинаций спектральных каналов разносезонных космических снимков



май-сентябрь (5:4:3)



июль-сентябрь



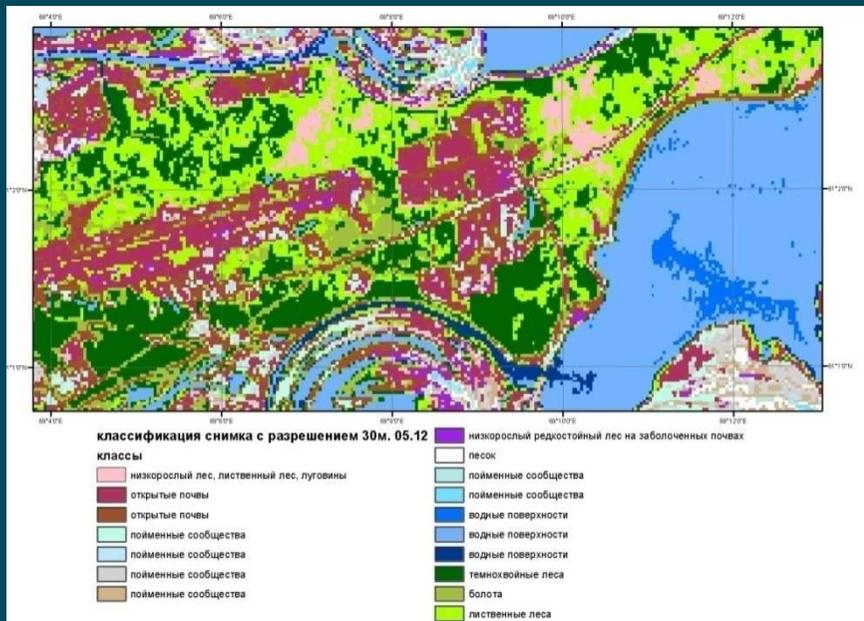
май(2спк)+  
июль(4спк)+  
сентябрь(3спк)

Классификация снимка с разрешением 15м наследует погрешности мультиспектрального разносезонного снимка– нечеткая, распыленная, сложная для анализа и выделения ареалов граница кластера. На полученном изображении нет четких границ, участки с различной подстилающей поверхностью смешиваются между собой. Хорошо различимы сообщества болот, долин постоянных и временных водотоков.

Классификация снимка с разрешением 30м дает обобщенную картину с более четким разделением классов.

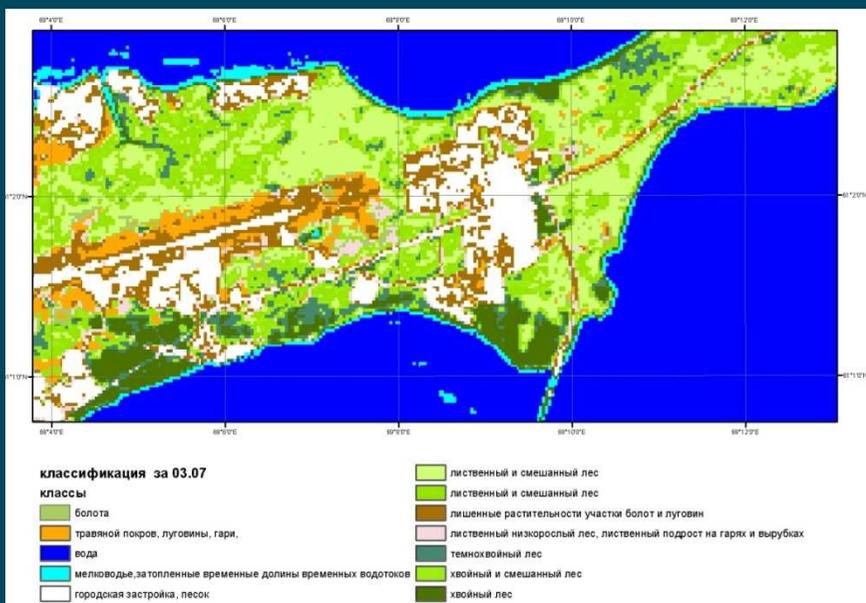
## **Анализ классификаций снимков**

## Сезонная классификация (весна)



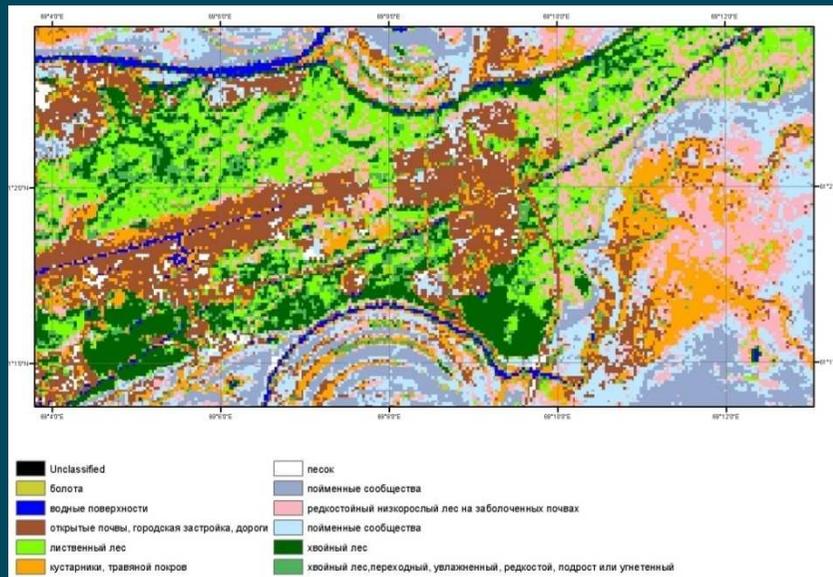
На классификации майского снимка лучше выражены открытые участки, участки с разреженной растительностью, кустарниковыми зарослями. Так как поверхность почвы еще не полностью покрыта сезонной растительностью, почвы насыщены влагой, то классификация дает искажения для разных типов растительности, смешивая кедровые леса, открытые участки болот и поймы, лиственные леса с открытыми участками леса (возможно, с лиственным подростом). Хорошо различимы гари и вырубki: на фоне окружающей сомкнутой растительности они выглядят как обнаженные почвы. В то же время на сентябрьском снимке можно отследить динамику и степень восстановления гарей, определить тип подстилающей поверхности и степень их заболоченности.

## Сезонная классификация (лето)



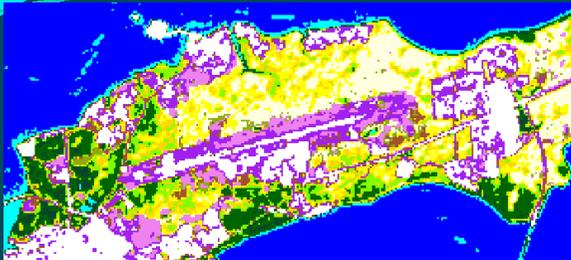
Классификация летнего снимка четко разделяет различные типы растительности лесов и болот. Это время максимального уровня воды, пойма рек и их притоков, а также балок залиты водой, таким образом, исключаются пойменные сообщества из классификации. Ясно разделяются различные типы подстилающей поверхности: леса, болотных сообществ, гарей и городской застройки. Разделяются классы хвойных и лиственных пород. Смешанные леса с хвойным подростом идентифицируются как лиственные. Но принимает насыщенные водой кустарниковые и лиственные сообщества поймы и надпойменных террас за темнохвойные леса. Грядово-мочажинные комплексы болот на всех классификациях отображаются как темнохвойные леса.

## Сезонная классификация (осень)

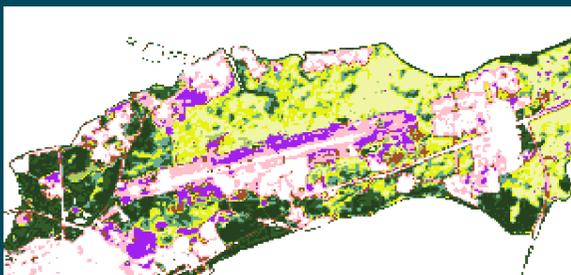


Классификация снимка за сентябрь разделяет темнохвойные, лиственные леса, леса на заболоченных почвах, низкорослые, кустарниковые заросли, открытые луговины, различные типы болотных сообществ, сообщества поймы и долин временных водотоков, открытые почвы. Не выделяет в отдельный класс гари и техногенную застройку. Гари и вырубki в зависимости от степени восстановления показаны как открытые почвы, кустарниковые заросли, лиственный подрост, лиственные разреженные леса. Техногенные объекты - как открытые почвы. Заболоченные, заторфованные, лишенные растительности участки поймы, надпойменных террас, долин балок и соров на классификации выглядят как темнохвойные леса, кустарниковая растительность, лиственные леса. Что характерно и для других сезонов, т.к. эти типы подстилающей поверхности имеют схожие спектральные яркости. На классификации осеннего снимка искажения реальной ситуации выражены в меньшей степени. В отличие от классификации майского снимка - здесь в один класс попадают кедровые леса и растительность болот. Классификации с заданием различных комбинаций каналов не дает заметных отличий на полученных изображениях.

## Анализ возможных вариантов классификаций



Классификация снимка 07.03 до наложения маски воды



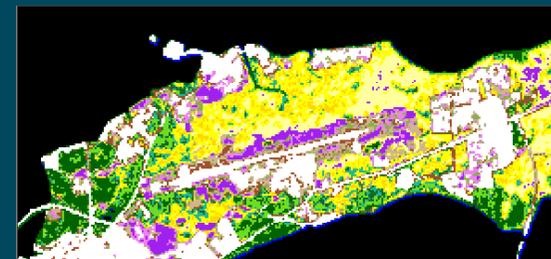
Классификация снимка 07.03 после наложения маски воды

Для исключения пойменных сообществ и водных поверхностей была сделана маска воды. После наложения маски на исходный снимок проведена классификация для многовременного снимка и снимка за 07.03

На классификации многовременного снимка теряется разница между лесной и болотно-луговой растительностью. Возможно, лиственные леса - разреженные, заболоченные. Хорошо различимы темнохвойные леса. Тени выглядят как темнохвойный лес.

На классификации летнего снимка после наложения маски сохраняется геометрия контуров, при этом усложняется рисунок внутри контуров за счет увеличения числа классов, приходящихся на оставшиеся территории после исключения водных поверхностей.

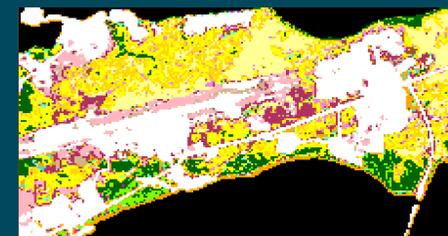
Даже после наложения маски воды, не исключаются полностью погрешности классификации: грядово-мочажинные комплексы, открытые участки болот идентифицируются как лесные классы. Для исключения всех погрешностей была сделана маска леса и проведена классификация снимка только для лесных территорий. При этом маска была сделана на основе контура леса. Наложение масок не привнесло заметных отличий в классификацию. Контуров остаются прежними.



Классификация снимка 07.03 из слоёв 6,4,2 после наложения маски воды



Классификация снимка 07.03 после наложения маски леса



Классификация снимка 07.03 после наложения маски с использованием эталонов

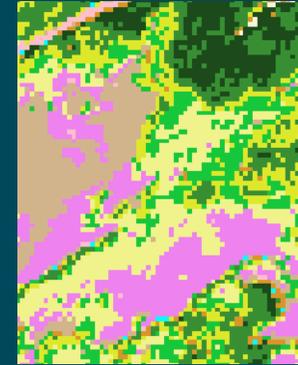
## Результаты сравнения полученных классификаций

Различные типы классификаций одного и того же снимка имеют приблизительно схожие результаты. Наложение масок, варианты комбинаций каналов не оказывают влияния на геометрию контуров, но помогают исключить типы подстилающей поверхности, имеющие схожие спектральные характеристики и попадающие в один класс на общей классификации.

*Даже после наложения маски воды, не исключаются полностью погрешности классификации: грядово-мочажинные комплексы, открытые участки болот идентифицируются как лесные классы. Для исключения всех погрешностей была сделана маска леса и проведена классификация снимка только для лесных территорий.*



Фрагмент космического снимка с КА LandSat-7



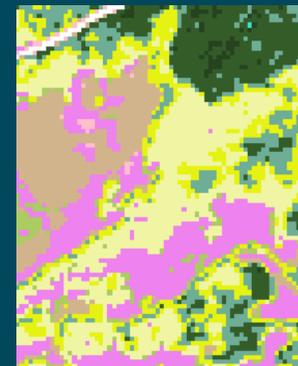
Классификация многовременного снимка до наложения маски



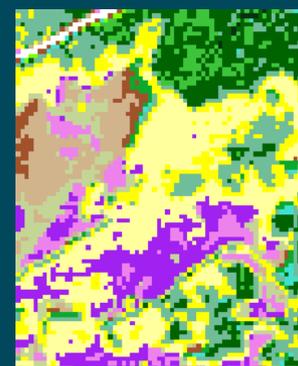
Классификация многовременного снимка после наложения маски

тени	
кустарники	
темнохвойный елово-кедровый	
Class 4	
темнохвойный лес	
хвойный лес	
хвойный и смешанный лес	
смешанный лес	
лиственный лес	
лиственные леса, кустарники	
кустарники пойм	
лиственные породы, луга	
лиственные леса на увлажненн	
городская застройка, луговины	
сосновый лес на заболоченных	
болота	
болота	
болотно-луговые сообщества	
болотные сообщества	
Class 20	

Условные обозначения



Классификация летнего снимка до наложения маски

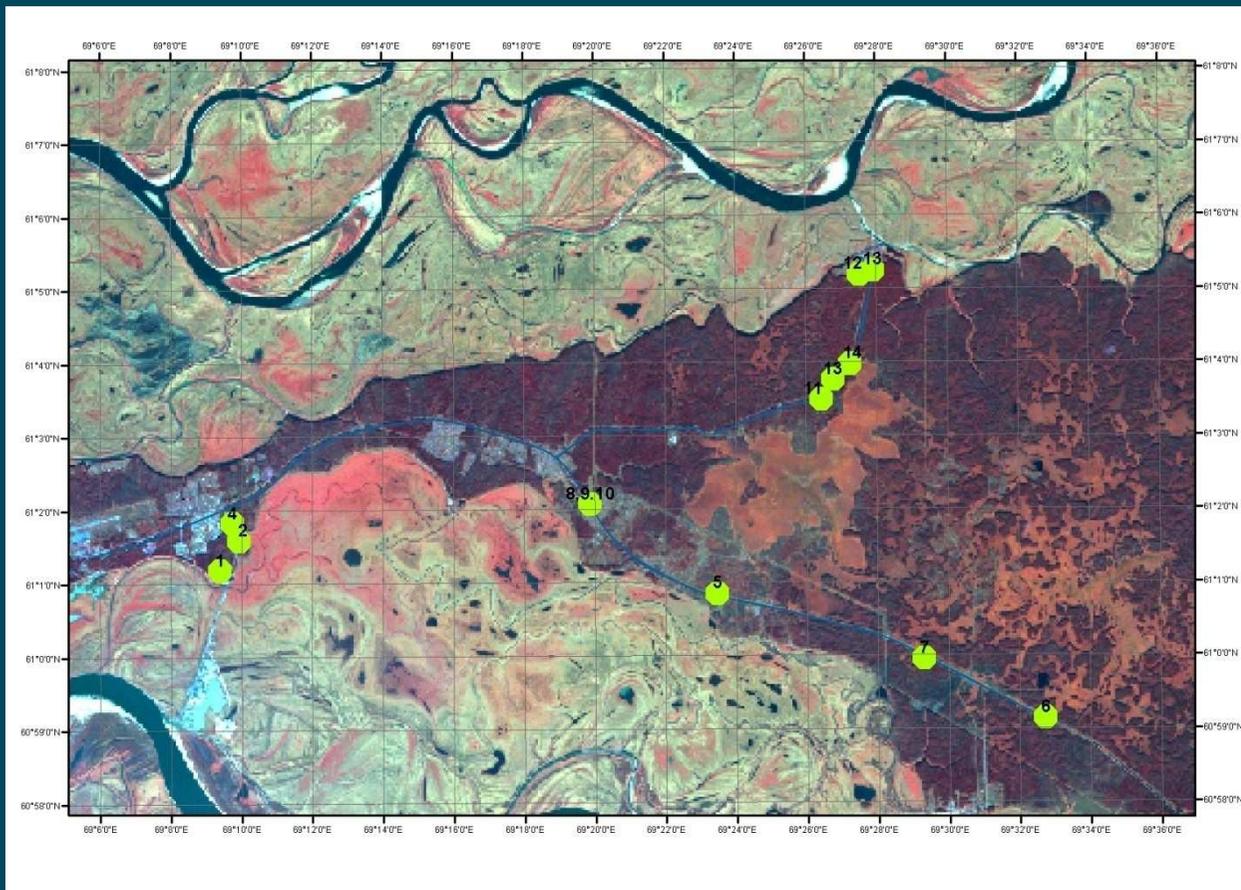


Классификация летнего снимка после наложения маски

**Описание эталонных участков**

**Оценка достоверности результатов классификации**

## Описание эталонных участков

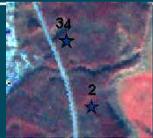
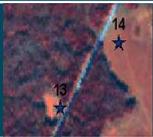
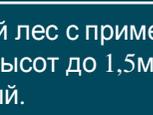
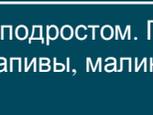
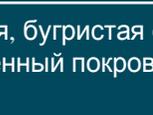


Карта-схема эталонных участков

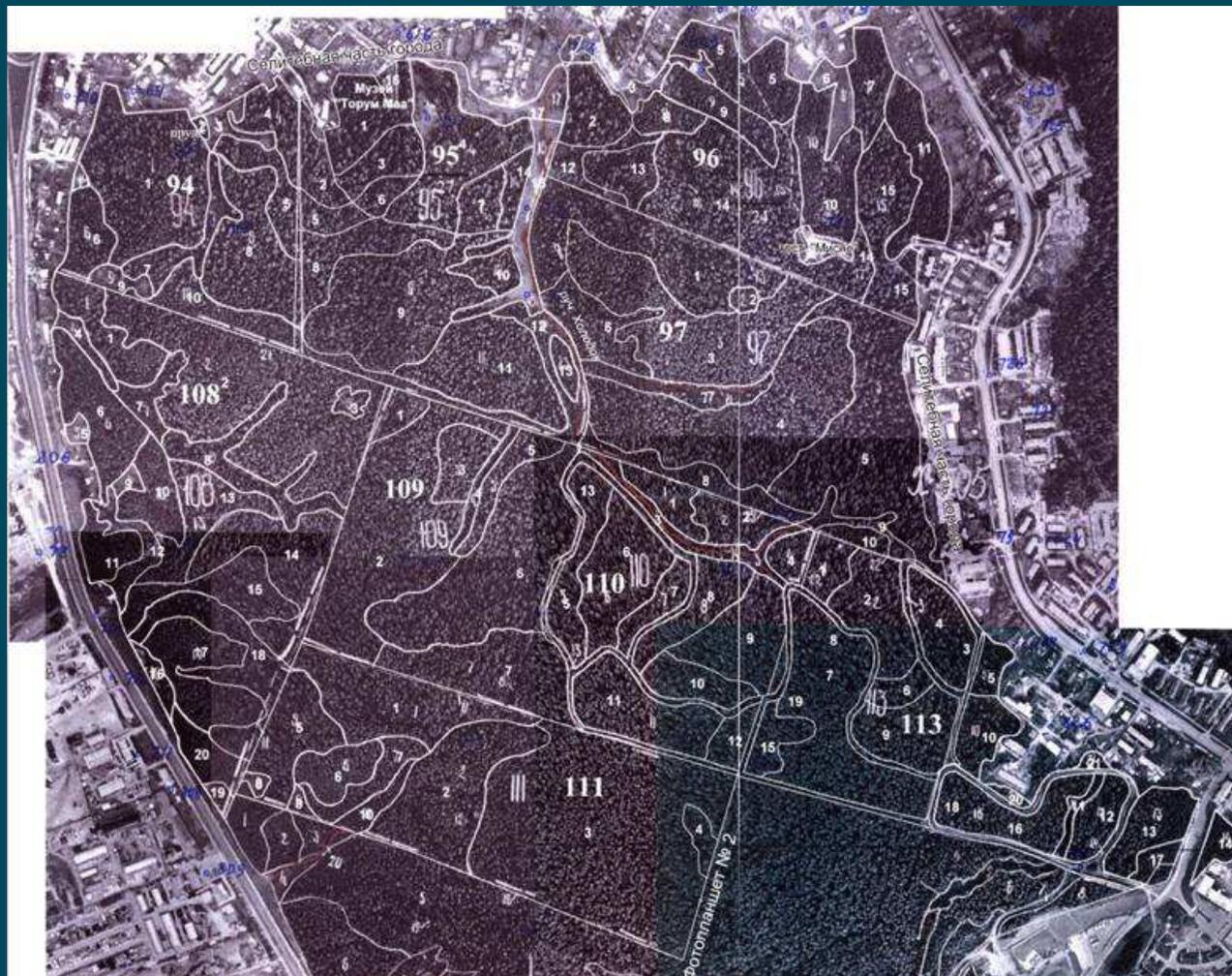
Для наиболее распространенных типов лесообразующих пород деревьев создано эталонное описание, дающее представление о насаждениях лесного участка

## Описание эталонных участков



Снимок с КА «ALOS»	Фрагмент классификации 09.11	Фрагмент классификации 5.12
		
		
<p>T.1 Темнохвойный высокоствольный елово-пихтовый лес с единичными кедрами. Кроны расположены высоко, освобождая место для других ярусов. Повсеместно распространен кустарниковый ярус: рябина, ниже- малина, папоротники. Почва покрыта хвойно-лиственным опадом, зеленым мхом. Почвы - дерново-подзолистые суглинистые сухие с прослойками глея на глубине 5см.</p>		
		
<p>T.2 Осиновый с примесью березы высокоствольный лес с елово-пихтовым подростом. В нижнем ярусе – рябина. Надпочвенный покров – хвойно-лиственный опад.</p>		
		
<p>T.13 Низкорослый редкостойный угнетенный сосновый лес на заболоченных почвах. Почва покрыта травянистой растительностью красно-коричневого цвета.</p>		
		
<p>T.12 Кедровый лес с примесью пихты и ели с хвойным подростом. Поверхность неровная, бугристая с перепадами высот до 1,5м. В понижениях – заросли крапивы, малины, бузины. Надпочвенный покров – разнообразный.</p>		

## Использование лесотаксационных фотопланшетов для оценки достоверности результатов классификации



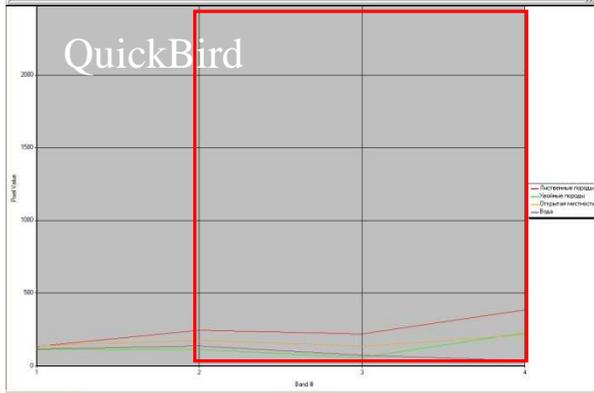
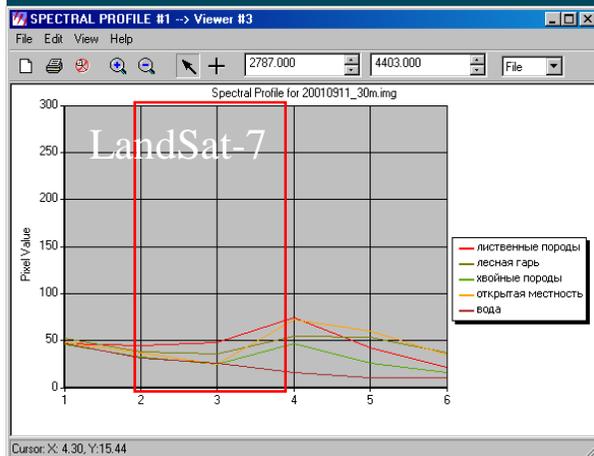
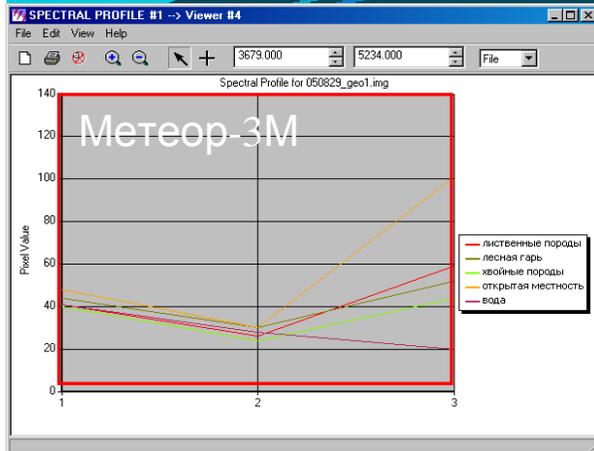
Масштаб 1:5000

Лесоустройство 2001г.

*Минимальный размер выделов, принятый в лесоустройстве, равен 6 га.*

*При использовании космоснимков минимальный размер выделов зависит от разрешающей способности.*

## Использование QuickBird для оценки достоверности результатов классификации карты лесов



Спутник	Съемочная аппаратура	Номера каналов	Спектральные диапазоны, мкм	Пространственное разрешение, м
Метеор-3М	МСУ-Э	1	0,5-0,6	32
		2	0,6-0,7	32
		3	0,8-0,9	32
LandSat-7	ETM+	1	0,450-0,515	30
		2	0,525-0,605	30
		3	0,630-0,690	30
		4	0,750-0,900	30
		5	1,550-1,750	30
		6	10,400-12,500	60
		7	2,090-2,350	30
		8	0,520-0,900	15
QuickBird	BHRC	2	0,45-0,52	2,44
		3	0,52-0,60	2,44
		4	0,63-0,69	2,44
		5	0,76-0,90	2,44

Привлечение космических снимков высокого пространственного разрешения для создания эталонов классов позволило более точно описать породный состав, определяемый по снимкам среднего пространственного разрешения.

Сравнение распределения яркостей основных типов покрытий на снимках Метеор-3М, LandSat-7, QuickBird

# Использование QuickBird для оценки достоверности результатов классификации карты лесов

лиственные  
породы деревьев

ель

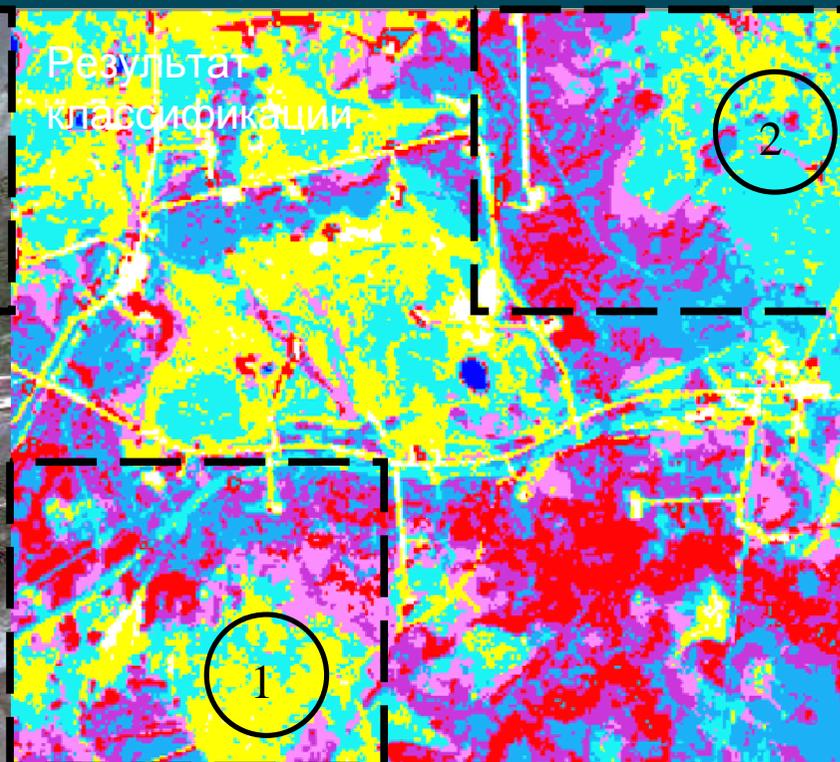
кедр



Снимок Quick Bird,  
пространственное  
разрешение 2,4 м.



Результат  
классификации



## Оценка достоверности результатов классификации

1	<i>Болота</i>	<i>Ель</i>	<i>Кедр</i>	<i>Лиственные породы</i>
<i>Снимок QuickBird</i>	398 га	76,5 га	36,72 га	18,77 га
<i>Классификация</i>	383,36 га	73,38 га	42,72 га	30,55 га
<i>Процент совпадения</i>	96,23%	95,92%	85,97%	61,44%
2	<i>Болота</i>	<i>Ель</i>	<i>Кедр</i>	<i>Лиственные породы</i>
<i>Снимок QuickBird</i>	198,04 га	232,39 га	43,26 га	56,31 га
<i>Классификация</i>	207,69 га	198,61 га	55,32 га	68,38 га
<i>Процент совпадения</i>	95,35%	85,46%	78,2%	82,34%

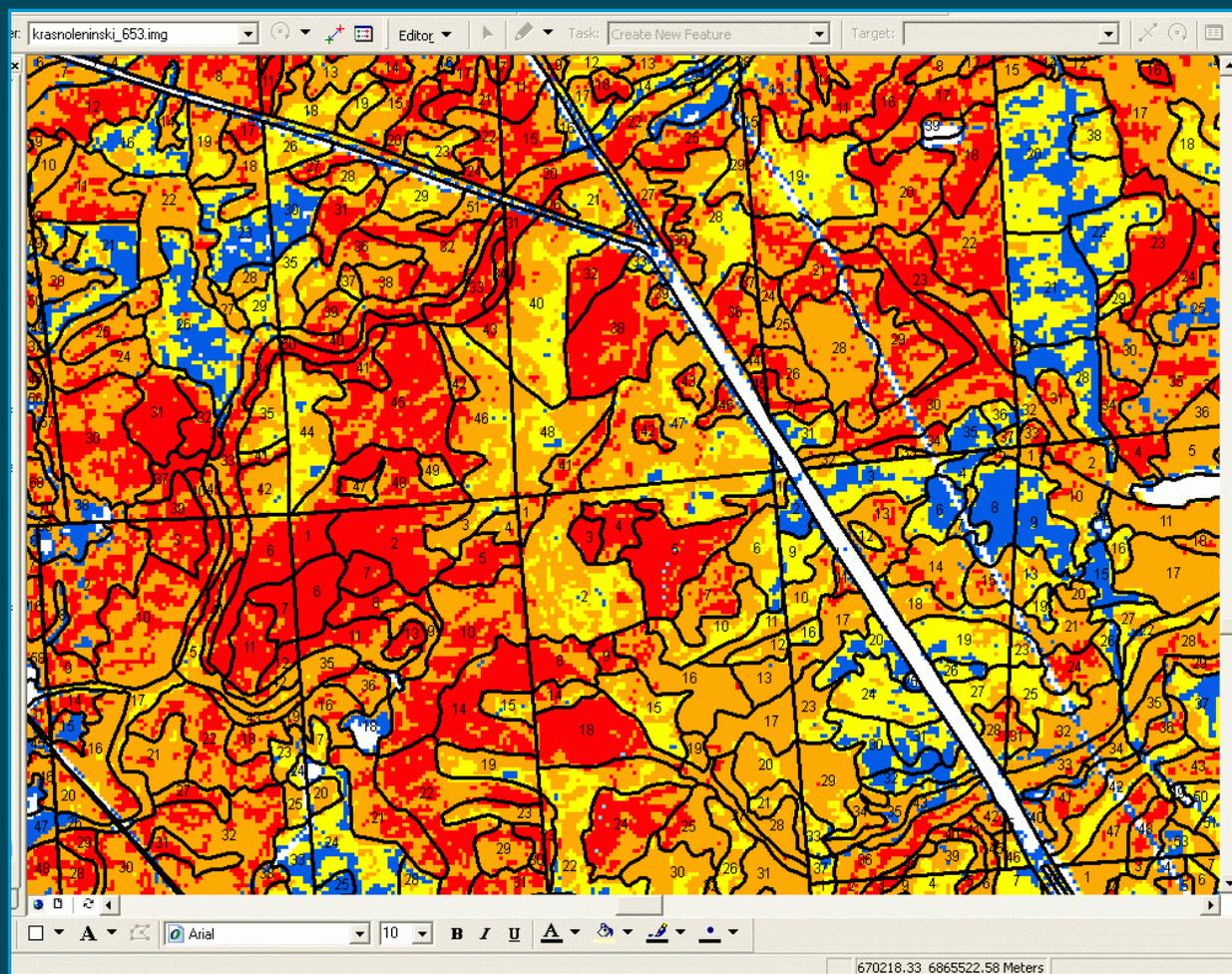
Общая площадь исследуемых участков составляет 1060 га.

## Схема типизации выделов

№ п/п	Типы ландшафтных выделов и объектов нелесного фонда, выделенные при дешифрировании космических снимков
1	Объекты гидрографии (реки, озера, ручьи)
2	Объекты гидрографии (реки, озера, ручьи)
3	Не определенные объекты
4	Не определенные объекты
5	Кедровый лес старших возрастных групп
6	Кедрово-еловый лес старших возрастных групп
7	Кедрово-еловый лес средневозрастных и молодых групп
8	Сосновый лес спелых возрастных и перестойных групп
9	Сосново-еловый лес средневозрастных и спелых возрастных групп
10	Лиственные породы деревьев
11	Лиственные породы деревьев на увлажненных участках
12	Болота
13	Заболоченные участки местности
14	Увлажненные участки местности
15	Открытые участки местности

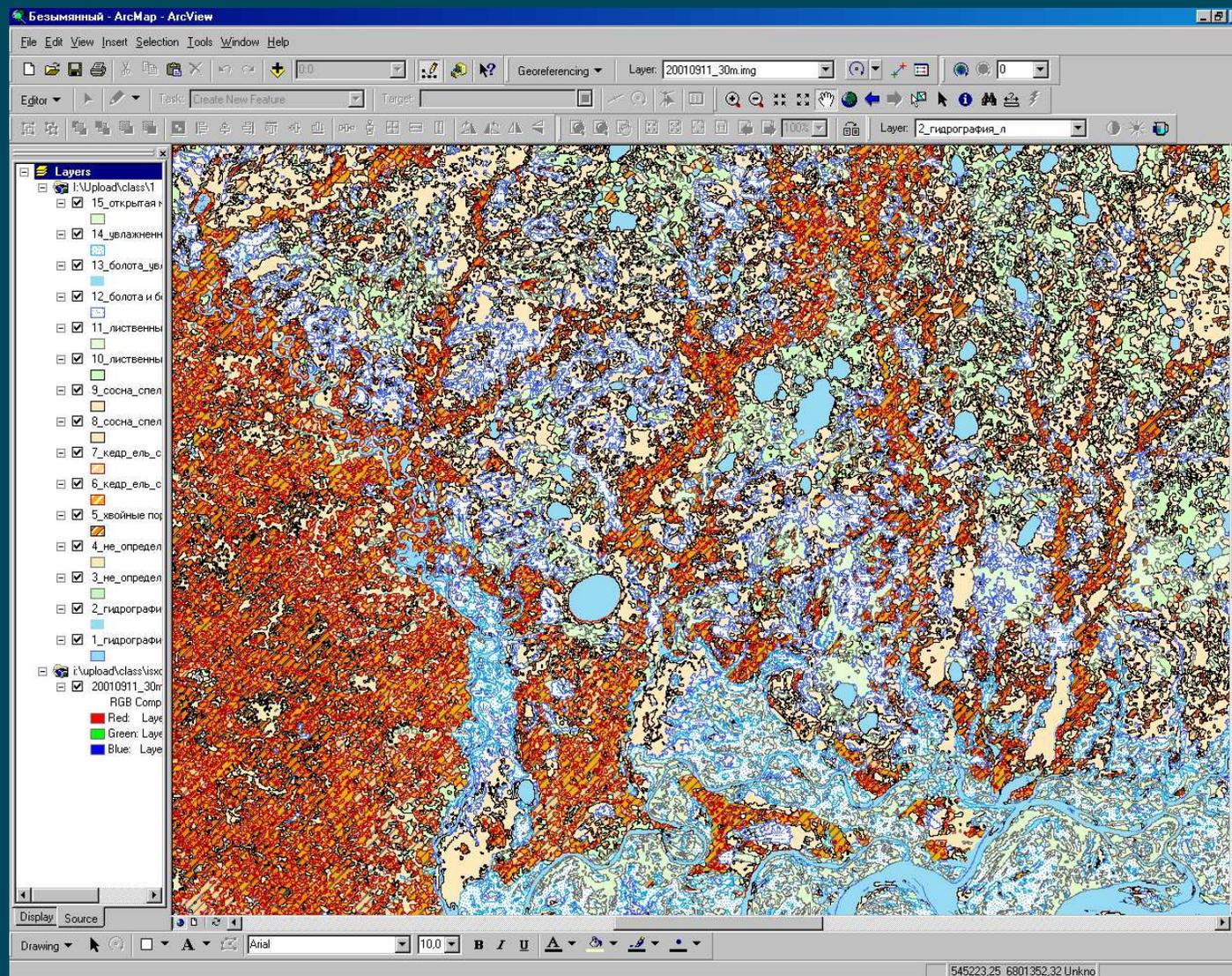
В таблице приведен перечень типов выделов, определенных по результатам анализа материалов космической съемки МСУ-Э и ЕТМ+. Классы, соответствующие лиственным породам деревьев, представлены двумя группами, находящимися на дренированных (10 класс) и полугидроморфных (11 класс) участках местности. Хвойные породы деревьев в таблице представляются шестью классами - кедровый лес старших возрастных групп (5 класс), кедрово-еловый лес старших возрастных групп (6 класс), кедрово-еловый лес средневозрастных и молодых групп (7 класс), сосновый лес спелых возрастных и перестойных групп (8 класс), сосново-еловый лес средневозрастных и спелых возрастных групп (9 класс). Увлажненные и заболоченные участки местности представлены тремя классами – болотами (12 класс), заболоченными участками местности (13 класс) и увлажненными участками местности (14 класс). Объекты гидрографии разделяются на два класса (1 и 2 класс), отличия между которыми связаны с различной степенью мутности воды. Анализ космических изображений показал, что на снимках обнаруживается еще два класса (3 и 4 класс).

## Сравнение выделов карты лесов с лесотаксационной картой



*Средняя площадь выдела на территории ХМАО равна 24,5 га.  
Площадь выдела карты лесов, созданной на основе космоснимка, зависит от пространственного разрешения снимка.*

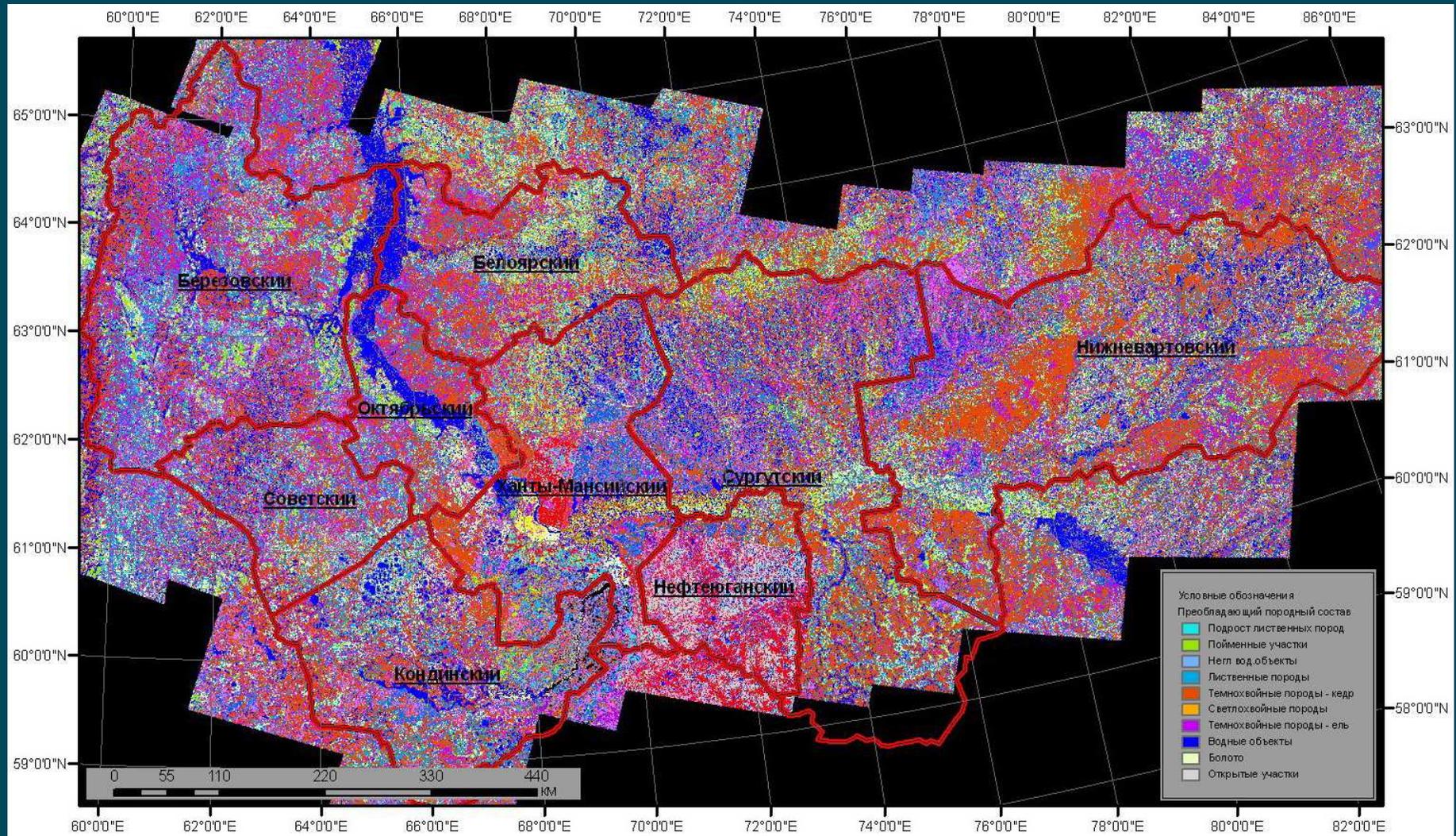
## Фрагмент полученной векторной карты лесов (Ханты-Мансийский район)



Для создания цифровой карты использованы космические снимки среднего пространственного разрешения.

# Цифровая карта лесов ХМАО-Югра

(создана на основе космических снимков LandSat-7 и Meteor-3M  
в Центре ДЗЗ ЮНИИ ИТ)  
М 1:100000



## Результат

Созданная в Центре ДЗЗ ЮНИИ ИТ цифровая карта породного состава лесов округа имеет масштаб равный 1:100 000. Площадь покрытия территории полученными слоями карты составляет около 49 млн. га. При этом общий объем всех растровых слоев карты составляет 2,5 Гб. При создании карты были использованы космические снимки 2000-2005 гг. Имеется частичное покрытие территории снимками 1988 года. Возможные локальные неточности карты связаны с ограниченным количеством (набором) космических снимков, удовлетворяющим необходимым требованиям, установленным в ходе выполнения работы.

**Спасибо за внимание!**