

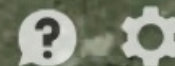


*Карлов Университет в Праге (Чехия),  
Институт экологических исследований*

**Леменкова П.А.**

# **СПУТНИКОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТУНДРЫ С ПОМОЩЬЮ ILWIS GIS**

Google



# Цель и объект исследования

Распределение разных типов ландшафтов в заболоченной тундре п-ова Ямал

Мониторинг изменений ландшафтов тундры

Анализ динамики ландшафтов за 2 декады (1988-2011).

Данные: космические снимки Landsat TM на 1988 и 2011 г.г.

Орригинальность работы: применение ПО ILWIS GIS для пространственного анализа и обработки космических на регион Бованенково, Ямал.

# Методология

Технические средства:  
Обработка данных ДЗЗ  
(дистанционного зондирования Земли)  
был осуществлен в ПО ILWIS GIS.

Метод исследования:  
Обработка снимков методом  
контролируемой классификации с  
обучением (supervised classification)  
применена к снимкам Landsat TM

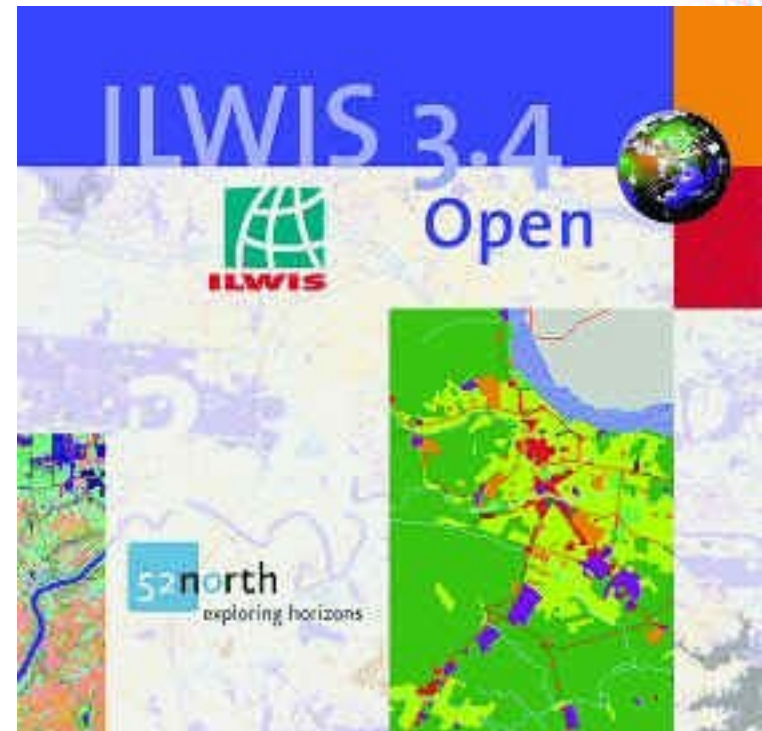
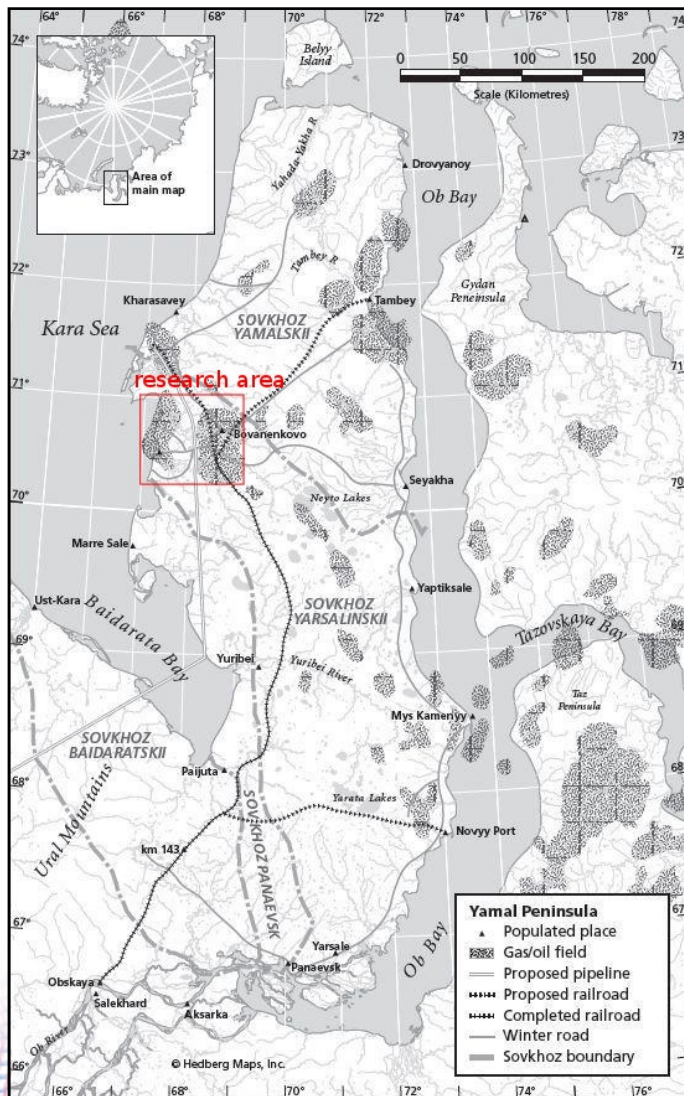


Рис. 1. Программное обеспечение ILWIS GIS:  
[www.ilwis.org/](http://www.ilwis.org/)

# Область исследований

Район изучения расположен на п-ов Ямал, Бованенково.



Область исследования локализована в пределах тундровых ландшафтов в заболоченной местности п-ова Ямал на Крайнем Севере России

# Экологические особенности региона

П-ов Ямал: геоморфология.

Специфическая эколого-климатическая особенность п-ова Ямал:

Практически абсолютно плоский, ровный рельеф с превышениями < 90 м.

В результате, распространены

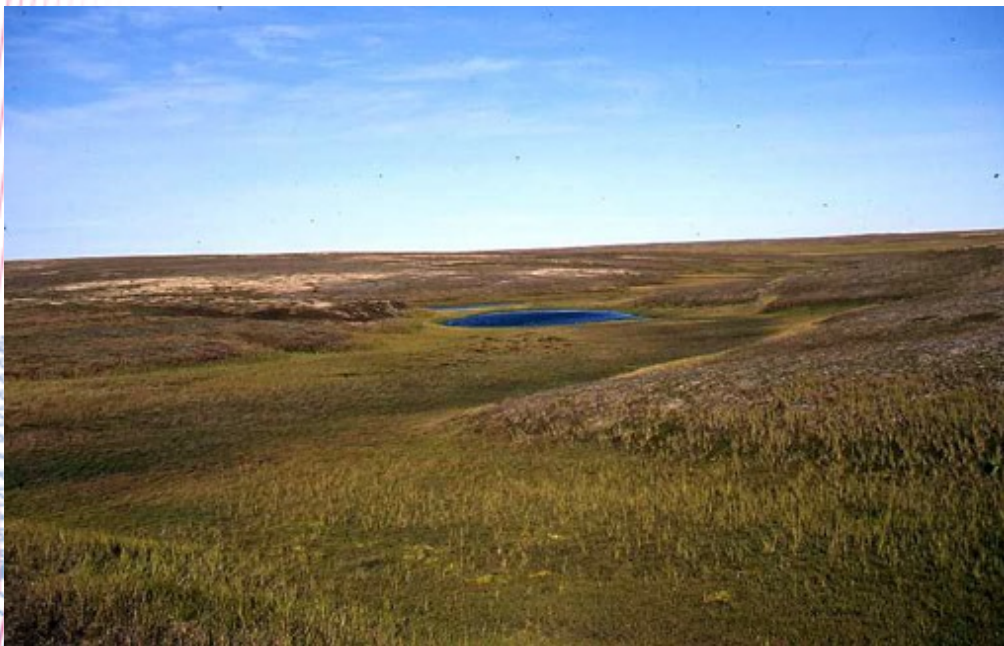
- сезонные затопления,
- активные процессы эрозии,
- распространение вечной мерзлоты
- локальное формирование грунтовых криогенных оползней



## Экология п-ова Ямал (продолжение)

П-ов Ямал: особенности экологии

Одним из типичных эрозионных процессов на п-ове Ямал являются криогенные оползни, образующиеся в результате развития эрозионных процессов в результате проседания почв и оттаивания грунтов



Криогенные оползни негативно воздействуют на локальные экосистемы, т.к. они нарушают состояние почв и затрагивают дальнейшее восстановление растительного покрова после возникновения оползня

# Проблема криогенных оползней

Негативный эффект криогенных оползней состоит в изменении типов земной поверхности и смены растительного покрова на месте их образования.

В течение 10 лет после активных криогенных оползневых процессов очаг возникновения оползня остается непокрытым.

Затем, в течение нескольких следующих лет наблюдается процесс медленного восстановления почвенно-растительного покрова (растительные сообщества с доминирующими травами, мхи, лишайники и осока, ивняк и луга с короткими кустарничковыми).

Растительность на ранних стадиях восстановления (мхи, лишайники), косвенно свидетельствуют о недавнем образовании здесь криогенных оползней, а луга и ивняковые кустарниковые, наоборот, указывают на относительно развитое и восстановленное растительное сообщество.

Области, ранее подвергнувшиеся образованию криогенных оползней, через 2-3 декады обычно характеризуются распространением ивняка и кустарниковых, что является косвенным индикатором этих процессов в прошлом.

# Примеры разных типов ландшафтов на п-ове Ямал (слайд №1)



Кустарниковая тундра Ямала



Карликовые тундровые ивы



Арктические тундровые ивы



Кустарниковая тундра Ямала



# Примеры разных типов ландшафтов на п-ове Ямал (слайд №2)



Сухотравная вересковая тундра



Осоко-пушицевая тундра



Сухая кочкарная кустарниковая тундра



Моховая тундра (сфагнум)

# Примеры разных типов ландшафтов на п-ове Ямал (слайд №3)



Кустарниково-осоковая тундра



Заболоченная тундра



Коротко-кустарниковая тундра

# Цели и задачи исследования

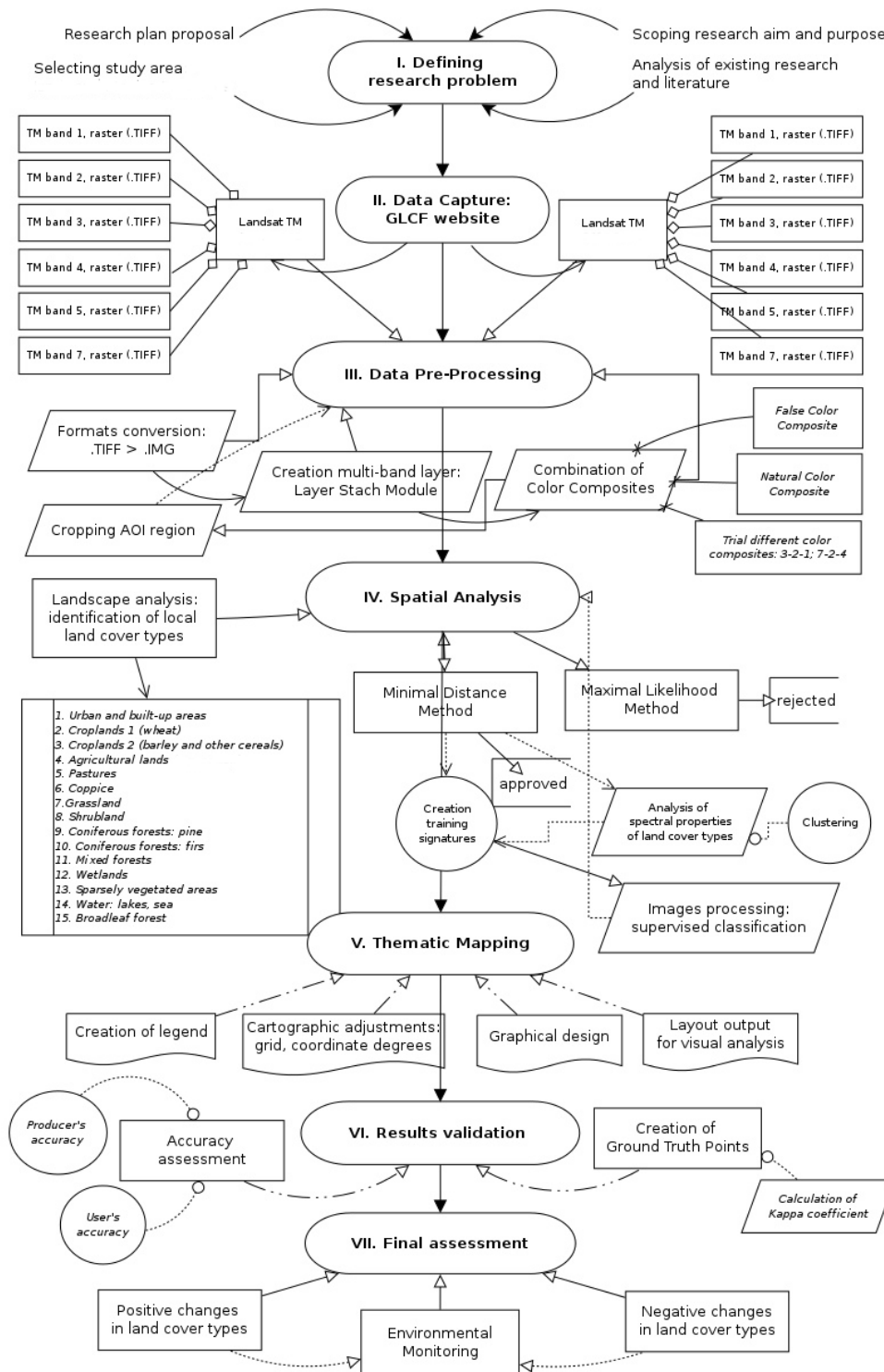
- Целью работы является применение средств ГИС и данных дистанционного зондирования Земли (спутниковые снимки Ландсат ТМ (Landsat TM)) для мониторинга и изучения экологического состояния тундровых земель методами визуализации и картографирования.
- Изменились ли ландшафты в пределах тестируемой территории региона исследования за последние 14 лет (1988-2011) ? (Если да, то как ?)
- Указать конкретно какие типы земного покрова имелись ранее, и какие сейчас.
- Методологически – как данные ДДЗ в сочетании с ГИС ПО ILWIS GIS может быть использовано для решения поставленных вопросов

# Методы

Методологически, исследование включает в себя следующие шаги:

- Сбор, импорт и конвертация данных (2 разновременных снимка Landsat TM на 1988 и 2011 г.г., соответственно)
- Геореференсирование снимков Ландсат, изначально имевших референсирование эллипсоид WGS 1984: UTM (Universal Transverse Mercator) проекция, Eastern Zone 42, Northern Zone W, с использованием Georeference Corner Editor, ILWIS.
- Пре-процессинг и предварительная обработка данных
- Создание цветных композитных снимков из 3 спектральных каналов Landsat TM (multi-band layer & color composite)
- Сегментация и классификация снимков (Clustering segmentation and classification)
- ГИС картографирование и пространственный анализ
- Верификация по снимкам Google Earth и интерпретация результатов
- Анализ результатов

# METHODOLOGICAL FLOWCHART



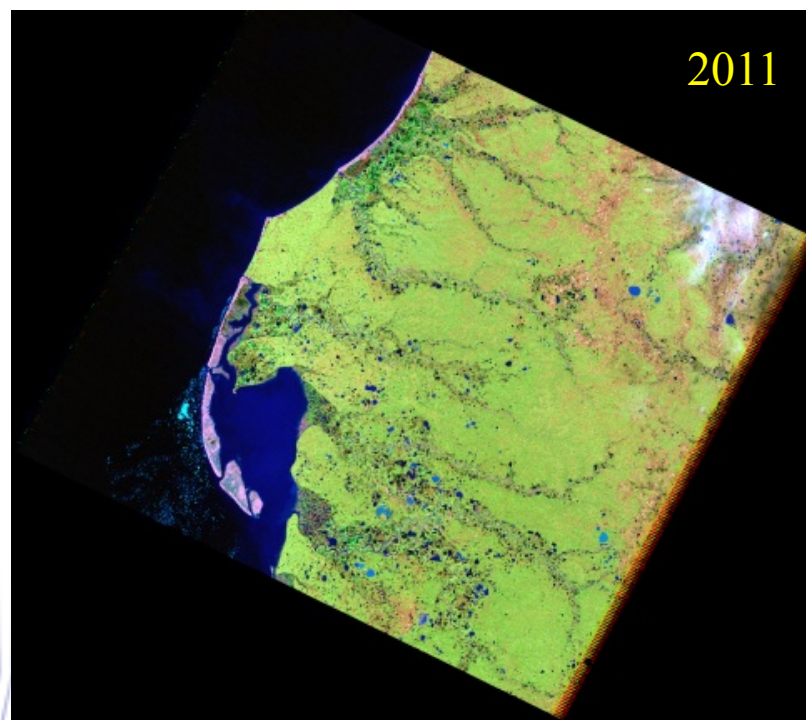
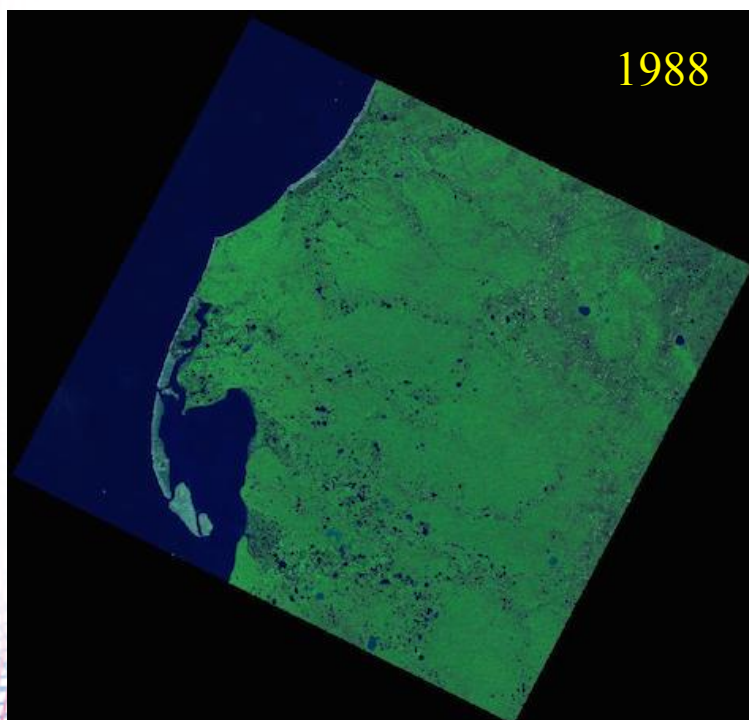
# I. Импорт и конвертация данных

Для выбора конкретной нужной территории

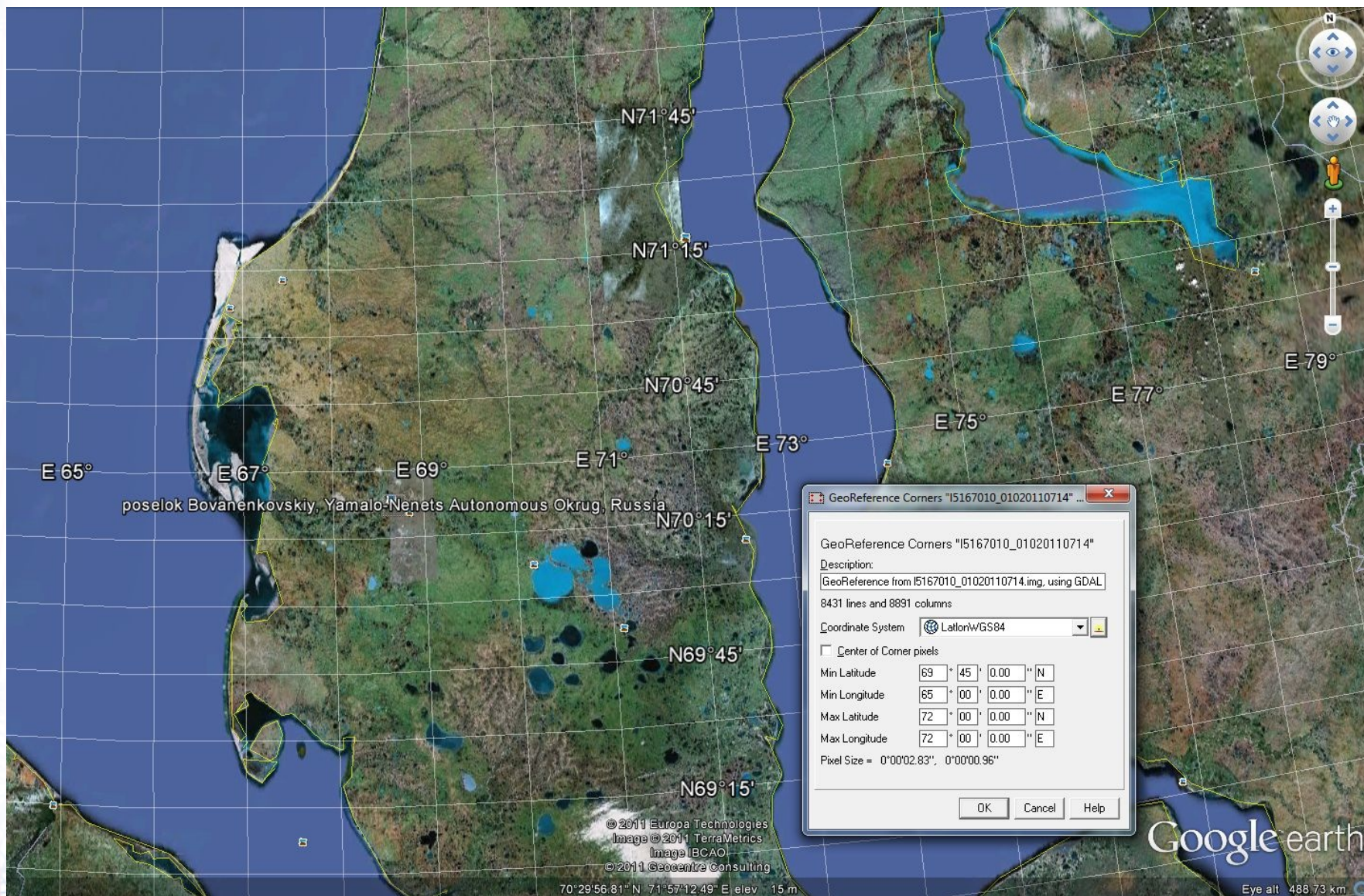
Была наложена маска с координатами  $67^{\circ}00'$ – $72^{\circ}00'$  в.д. -  $70^{\circ}00'$ – $71^{\circ}00'$ с.ш. Выбранные снимки показывают регион Ямала в 1988 и 2011

**Итак, 2 спутниковых снимка:**

- имеют временную разницу в 23-года (1988-2011)
- выбраны строго в летние месяцы (июнь) для оценки растительности.
- изначальные “сырые” снимки в формате .TIFF (Landsat TM) были конвертированы в ГИС-формат Erdas Imagine “.img” .



# II. Геореференсирование



# III. Спектральные яркости объектов на снимках

- Классификация снимков = группировка пикселей в классы (merging pixels), т.е. в соответствующие данным типам растительного покрова кластеры (в соответствии с тестируемым ареалом).
- Классификация проведена на основе использования данных спектральных яркостей пикселей снимков.
- Спектральные и текстурные характеристики разных типов растительного покрова отображаются на снимке в виде различных спектральных яркостей пикселей
- Разные типы растительного покрова и другие ландшафтные объекты были распознаны по значениям спектральных яркостей пикселей на снимке.
- Спектральные яркости показывают спектральную отражательную способность объектов и типов растительности, которые фиксируются на растровом снимке (spectral reflectance of the land cover features and individual properties of the objects)

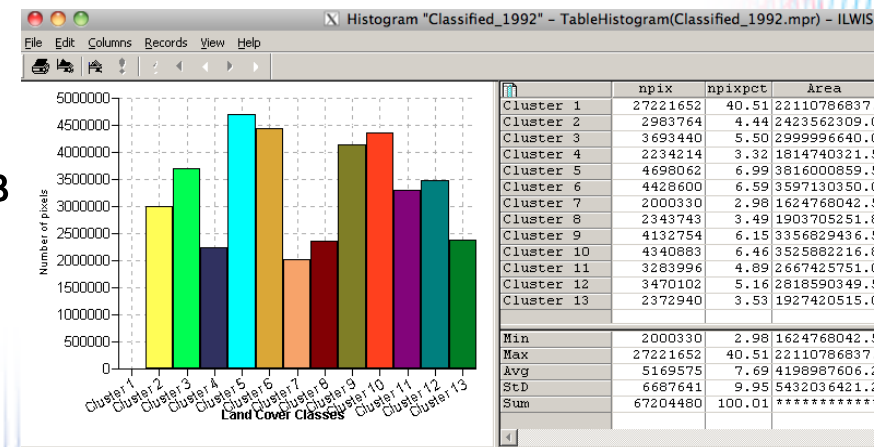
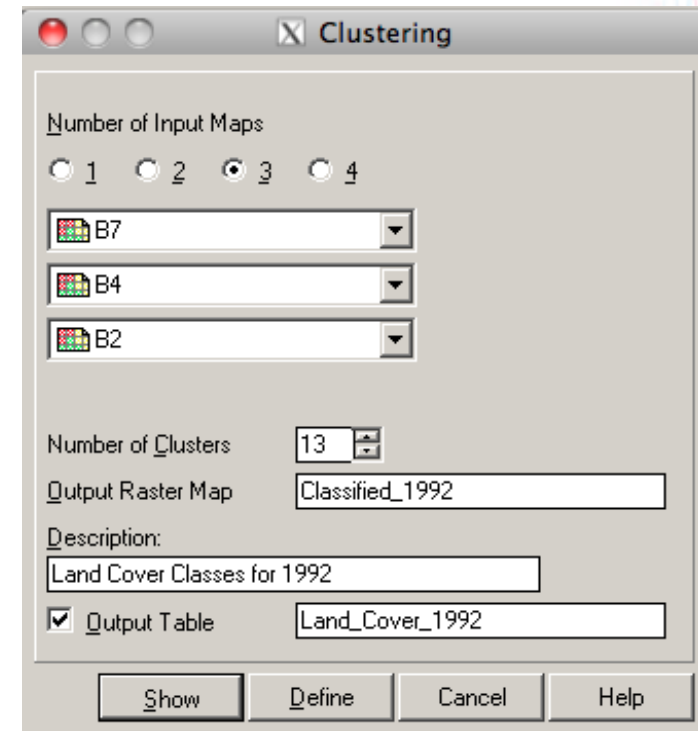


# III. Кластеризация (Clustering)

- Кластерный анализ - статистическая процедура обработки объектов (пикселей на растровом снимке), упорядочивающая их в однородные тематические группы (кластеры)
- Каждый цифровой пиксел на снимке отнесен к группе соответствующего ландшафта на основании близости значения спектральной яркости (Digital Number, DN) пиксела к центроиду.
- Логический алгоритм сегментации состоит из группировки пикселей на снимке (merging pixels) в кластеры. Группировка пикселей происходит в полуавтоматическом режиме на основе различимости от соседних (neighbor pixels).
- Процесс повторяется интерактивным образом до тех пор, пока не достигнуты оптимальные значения классов и пикселей, присоединенных к данным классам, соответственно.

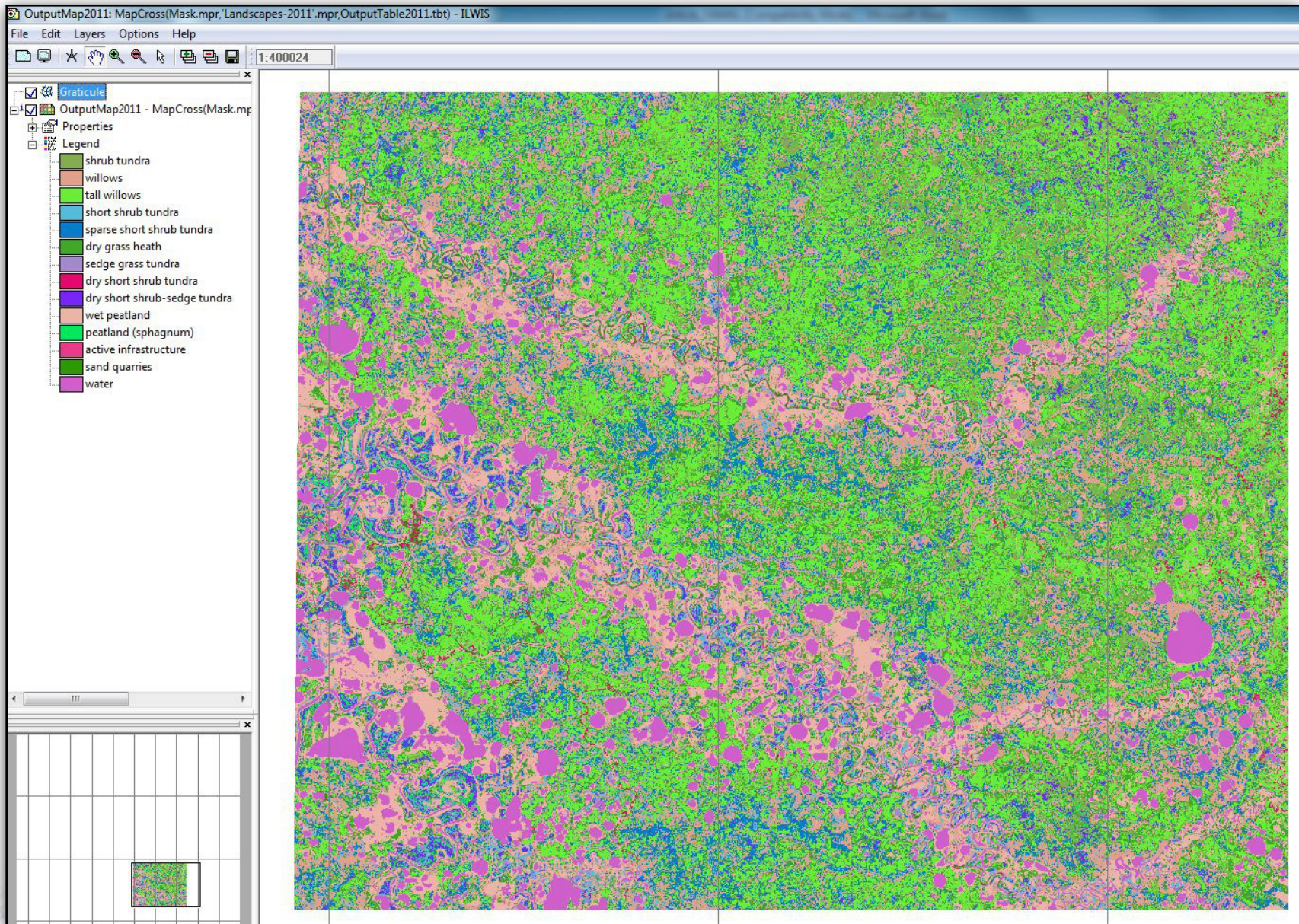
# IV. Картографирование

- Тематическое картографирование основанно на результатах классификации снимков: визуализация структуры ландшафтов и типов растительного покрова Земли в пределах тестируемого ареала.
- Для классификации типов земного покрова пиксели на растровом снимке были идентифицированы для каждой категории и сгруппированы в разные категории земель.
- После этого, типы ландшафтов были визуально оценены и идентифицированы с каждым соответствующим типом растительности (land cover class)
- Кол-во кластерных групп = 13, что соответствует основному количеству типов растительного покрова тундры Ямала
- Итоговое картографирование (результаты) показаны на следующих двух слайдах





# 2011



# V. Результаты

Статистические результаты вычислений типов растительного покрова были получены в полуавтоматическом режиме в ПО ILWIS GIS.

**В 1988** году тип «ивовые кустарники» покрывал 412292 пикселей от общей части территории, и класс «высокие ивы» - соответственно, 823430 пикселей. Оба класса вместе взятые создают площадь в 1235722 пикселей на растровом изображении, т.е. **33,38 %** от общей части территории.

Далее, максимальная площадь покрытая классом “вереск, сухотравье” составляет 933798 пикселей на снимке.

**В 2011** процент ивняка немного увеличился: теперь здесь отмечены 651427 пикселя, которые принадлежат к классу “ивовые кустарники”, и 893092 пикселей ассоциированно с классом “высокие ивы”, соответственно.

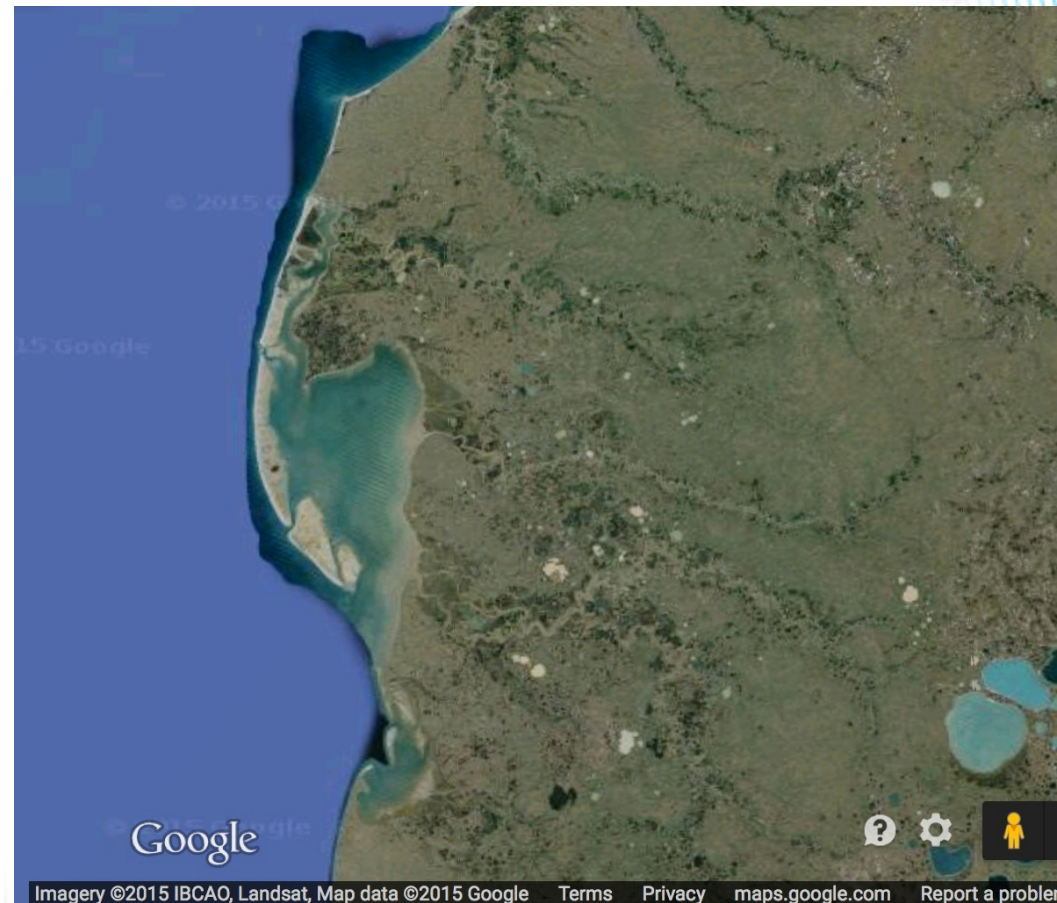
Оба вместе взятых класса **ив, столь характерных для местности с повышенным содержанием воды** теперь насчитывают суммарно 1544519 пикселей, что составляет, соответственно **40,27%**.

Также, изменения значительны для класса “**кустарниковая тундра**”: тогда как в 1988 г. они занимали площадь в 3,66% от общей, то в 2011 они покрывают 6,71%.

Одновременно, площадь разнотравья сократилась по сравнению с кустарниковыми и ивняком: в 1988 “**вереск и сухое разнотравье**” занимали площадь в **25,23%** (933798 пикселей), в то время как в 2011 они уже занимают ареал в **14,43%** (553429 пикселей).

# VI. Верификация по Google Earth

- Выбранный ареал представляет собой наиболее диверсифицированную часть тундровых ландшафтов Ямала, со сложной структурой заболоченных ландшафтов и уникальных типов растительного покрова
- Поэтому в целях контроля наиболее сложных участков, снимки были верифицированы по Google Earth для использования визуализации того же самого района на спутниковом снимке и снимке Google Earth одновременно.
- Это позволило визуально проверить особо гетерогенные районы, где возникали вопросы “к какому типу растительности принадлежит данный конкретный участок?”.



# Выводы

- ✓ Мониторинг изменений ландшафтов – важное средство для оценки экологической стабильности региона. Для этого, пространственный анализ разновременных космических снимков методами алгоритмами ГИС представляется наиболее эффективным инструментом.
- ✓ Работа продемонстрировала, как конкретно изменились тундровые ландшафты за 23-летний промежуток времени (1988-2011).
- ✓ Данные включали спутниковые снимки Landsat TM, покрывающие п-ов Ямал, Крайний Север России. Обработка снимков была проведена с использованием методов классификации.
- ✓ Результаты показали изменения ландшафтов с 1988 по 2011, что подтверждает наличие процессов разрушения и изменения тундровых заболоченных ландшафтов.
- ✓ Работа продемонстрировала успешное применение методов ДЗЗ и пространственного ГИС-анализа, эффективные для мониторинга тундры.
- ✓ Представленная работа продемонстрировала успешное применение ГИС-технологий для обработки данных спутниковых снимков, а также проиллюстрировала изменение тундровых ландшафтов в заболоченной местности п-ова Ямал на Крайнем Севере России

# Литература (основные работы)

- [1] Ukraintseva, N.G., Streletskaya, I.D., Ermokhina, K.A., Yermakov I.D. Geochemical properties of plant-soil-permafrost systems on landslide slopes, Yamal, Russia // Permafrost. - 2003.
- [2] Walker, D.A., Leibman, M.O., Epstein, H.E., Forbes, B.C., Bhatt, U.S., Raynolds, M.K., Comiso, J.C., Gubarkov, A.A., Khomutov, A.V., Jia, G.J., Kaarlejärvi, E., Kaplan, J.O., Kumpula, T., Kuss, P., Matyshak, g., Moskalenko, N.G., Orekhov, P., Romanovsky, V.E., Ukraintseva, N.G., and Yi, Q.. Spatial and temporal patterns of greenness on the Yamal Peninsula, Russia: interactions of ecological and social factors affecting the Arctic normalized difference vegetation index // Environmental Research Letters. - 2009. -№4(16), 045-004 .
- [3] Ukraintseva, N.G.. Willows tundra of Yamal as the indicator of salinity of superficial sediments. Results of basis research of Earth cryosphere in Arctic & Subarctic // 1997. - Novosibirsk, Nauka.
- [4] McKendrick, Jay D.. Plant Succession on Distributed Sites, North Slope, Alaska, U.S.A. // Arctic and Alpine Research. -1987. -№19(4), 554-565.
- [5] Добринский, Л.Н., ред. Природа Ямала // 1995. - Екатеринбург: Наука.
- [6] Hodkinson, I.D., Wookey, P.A. Functional ecology of soil organisms in tundra ecosystems: towards the future // Applied Soil Ecology. - 1999. - №11, 111-126.
- [7] Pajunen, A.M., Kaarlejärvi, E.M., Borbes, B.C., Virtanen, R. Compositional differentiation, vegetation-environment relationships and classification of willow-characterised vegetation in the western Eurasian Arctic // Journal of Vegetation Science. - 2010. - №21, 107-119.



**Спасибо за внимание !**