



Геоинформационная веб-система для анализа региональных природно-климатических изменений

Гордов Е.П.,

Богомолов В.Ю., Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

Отдел проблем информатизации ТИЦ СО РАН

**ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)**

Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.

Веб-ГИС система

- Информационная поддержка интегрированных научных исследований в области наук о Земле
- Актуальность создания научных Интернет-порталов для комплексного анализа наборов пространственно-привязанных геофизических данных с целью мониторинга и прогнозирования климатических и экосистемных изменений:
 - значительное время в процессе выполнения научных проектов тратится на рутинные задачи
 - изначальная разнородность наборов данных, полученных из различных источников
 - усложнение обмена данными и результатами их обработки
 - проблема достоверности выполняемого анализа: разный уровень исследователей, различное ПО

Мировые тенденции

- GES-DISC Interactive Online Visualization ANd aNalysis Infrastructure (GIOVANNI), <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>
- KNMI Climate Explorer, <http://climexp.knmi.nl/>
- European Climate Assessment & Dataset, ECA&D, <http://eca.knmi.nl/>
- CLIMVIS, NCDC Climate Visualization system, <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/onlineprod/drought/xmgr.html>
- SIB-ESS-C Spatial Data Infrastructure, <http://www.sibessc.uni-jena.de/>
- Совместная модель общей циркуляции атмосферы и океана ИВМ РАН, <http://ksv.inm.ras.ru>
- Информационно-аналитическая система для поиска, обработки и анализа пространственных данных ИВТ/ИГМ СО РАН, <http://gis-app.ict.nsc.ru/>
- Earth & Space Science Informatics, «Scientific Gateways and Visualization», European Geosciences Union General Assembly 2010, Vienna, Austria, 02 – 07 May 2010

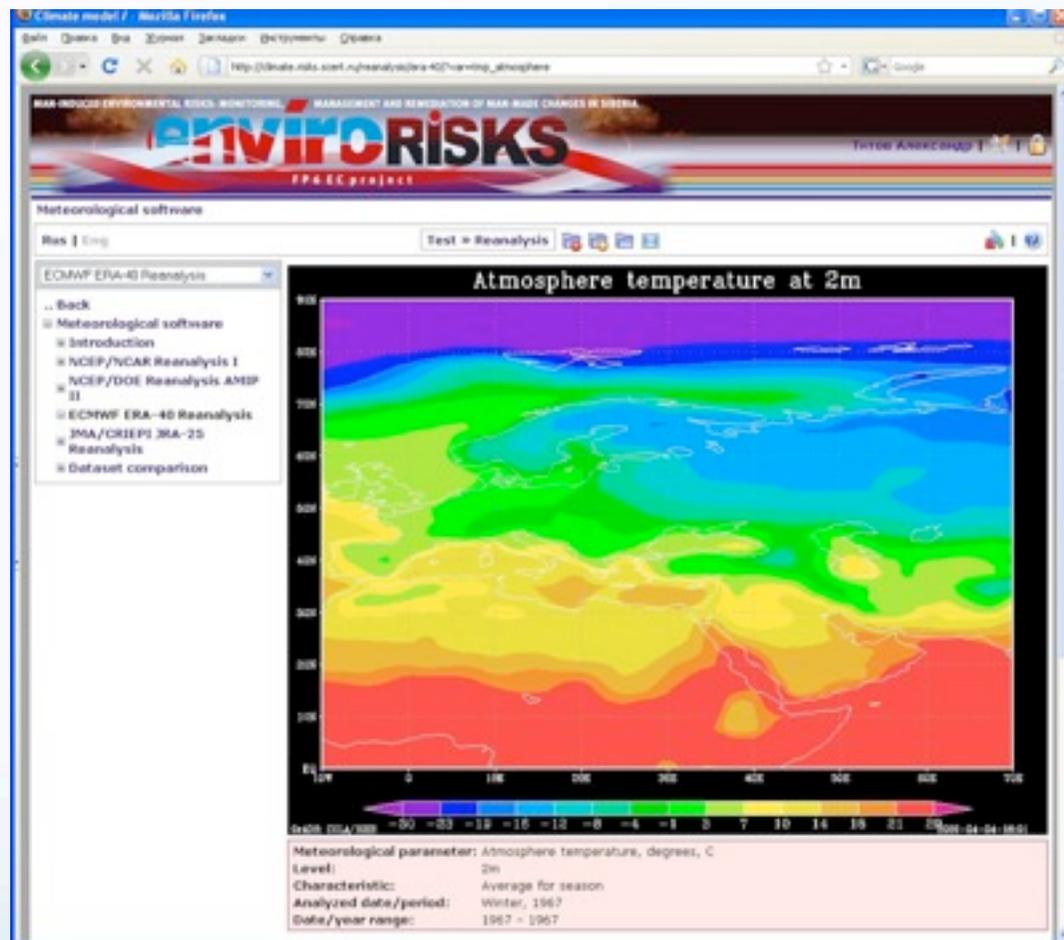
Подход

- Сбор данных на высокопроизводительной системе
- Организация данных и предоставление высокоскоростного доступа к ним
- Реализация алгоритмов для быстрого доступа и поиска данных
- Реализация проверенных алгоритмов обработки данных
- Обеспечение унифицированного доступа через Интернет с удобным интерфейсом пользователя

Прототип

(<http://climate.risks.scert.ru/>)

- Интерфейс на базе ATMOS
- HTML+PHP+GrADS
- Базовая статистика, индексы изменения климата, утвержденные ВМО
- Данные: Реанализ NCEP/NCAR 1 и 2 редакция, ECMWF ERA-40, JMA-CRIEPI JRA-25



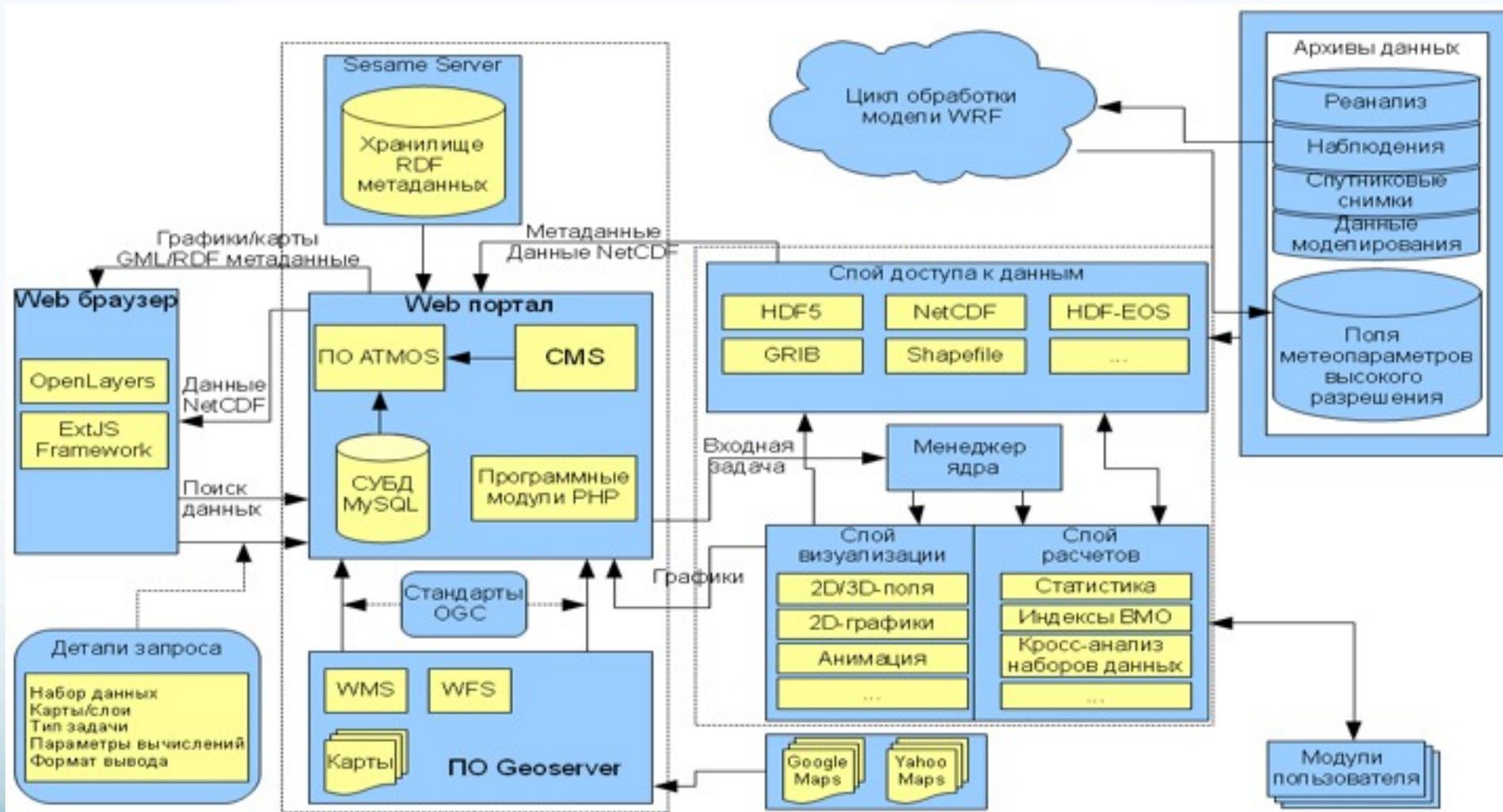
A. Titov, E. Gordov, I. Okladnikov, T. Shulgina. **Web-system for processing and visualization of meteorological data for Siberian environment research.** // *International Journal of Digital Earth*, Vol.2, Issue S1, April 2009, p. 105 – 119.

ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.

Новые требования

- Унифицированный набор архивов геофизических данных (NetCDF/HDF5)
- Расширяемое модульное вычислительное ядро с поддержкой модулей пользователя
- Расширенные возможности обработки данных и представление результатов в графическом виде совместно с файлами данных и метаданных (OGC, ISO 19115)
- Интернет доступ, графический веб-интерфейс пользователя с ГИС-функциональностью
- Метаданные: поиск и выборка, технологии Semantic Web

- Структурированные архивы геофизических данных + метаданные
- Вычислительное модульное ядро, реализованное на IDL
- Веб портал, реализующий логику разрабатываемых веб-приложений, обеспечивает API для работы с ядром и картографическими веб-сервисами



Наборы геофизических данных

Название	Организация	Период	Разрешение
NCEP/NCAR Reanalysis	NCEP/NCAR	1951 – 2001	2.5°×2.5° 17 уровней давления
NCEP/DOE AMIP II Reanalysis	NCEP/DOE	1979 – 2003	2.5°×2.5° 17 уровней давления
ECMWF ERA-40 Reanalysis	ECMWF	1957 – 2004	2.5°×2.5° 23 уровня давления
JMA/CRIEPI JRA-25 Reanalysis	JMA/CRIEPI	1979 – 2009	2.5°×2.5°; 23 уровня давления
NOAA-CIRES 20th Century Global Reanalysis v.II	NOAA/OAR/ESRL PSD	1871 – 2008	2.0°×2.0°; 24 уровня давления
9092c Synoptic Network	RIHMI-WDC/ NOAA CNDC	~ 1900 – 2000	Метеостанции для территории бывш. СССР
ECMWF ERA-Interim	ECMWF	1989 – 2010	0.25°×0.25° 23 уровня давления
Regional Meteorological Reanalysis for West Siberia (pilot version)	IMCES	?	20 x 20 км.
Landsat, GLS remote sensing data	NASA	~ 1975 – 2005	1 x 1 км.

Архивы данных

- Хранилище наборов данных
 - Реанализы (ERA-40, JRA-25, NCEP/NCAR, NOAA-CIRES)
 - Данные метеостанций РФ
 - ДДЗ Landsat 4-7, GLS, MODIS
 - Объем данных 6 Тб, доступно 17 Тб (RAID-6), возможно расширение до 30 Тб
 - Базовый набор геопривязанных карт, включая карты растительного покрова, природных экосистем, индекса NDVI
- Данные реанализов приведены к форматам NetCDF/HDF5
- Резервное копирование - стример HP Ultrium LTO-4
- Для выбранных регионов восстанавливаются поля метеорологических величин с высоким пространственным разрешением (WRF)



Вычислительное ядро

- API для работы с архивами геофизических данных
- Модули математической и статистической обработки данных
- Модули обработки спутниковых снимков
- Возможность подключения модулей пользователя
- Функции представления данных и результатов обработки в различных форматах

```
IDL - ovis/cvcddata_define.pro - IDL Workbench
```

```
cvcddata_define.pro
input.xml
cvcddataaccess_define
cverror_define.pro
cvcCalcNCEP1.xml
cvcdatancep1_define.
```

```
actualDateRangeJD = strsplit(saCurFileInfo.saVar[timeVarId].atts[actualDateRangeId].value, /extract)
if ((reqTimeJD[1] ge actualDateRangeJD[0]) and (reqTimeJD[0] le actualDateRangeJD[1])) then begin

if (self.debugMode) then begin
    print, "(cvcData::ReadNCEP) Reading file: ", (*in_pFile)[levelPos, fileId].name
    print, "(cvcData::ReadNCEP) Requesting variable: ", in_sRequest.varName, ", level: ", in_sRequest.lev, "
endif

fileId = saCurFileInfo.fileId
varId = (where(saCurFileInfo.saVar.name eq in_sRequest.varName))[0]

lonVarId = (where(saCurFileInfo.saVar.name eq 'XLONG'))[0]
ncdf_varget, fileId, lonVarId, aLons
latVarId = (where(saCurFileInfo.saVar.name eq 'XLAT'))[0]
ncdf_varget, fileId, latVarId, aLats
timeVarId = (where(saCurFileInfo.saVar.name eq 'Times'))[0]
if (timeVarId > 0) then begin
```

```
Консоль
% SAVE: Saved function: UNIQ.
% SAVE: Saved function: _IGETREADERS_READXML.
% SAVE: Saved function: _OPEN_ISV.
% SAVE: Saved function: _READ_HDF5.
% SAVE: Saved function: _READ_SHAPE.
```

Команда	Дата
Предидущий месяц	
window, xsize=1200, ysize=600	26.08.10 12:26
map_set, /cylindrical	26.08.10 12:26
map continents.map structure=	26.08.10 12:26

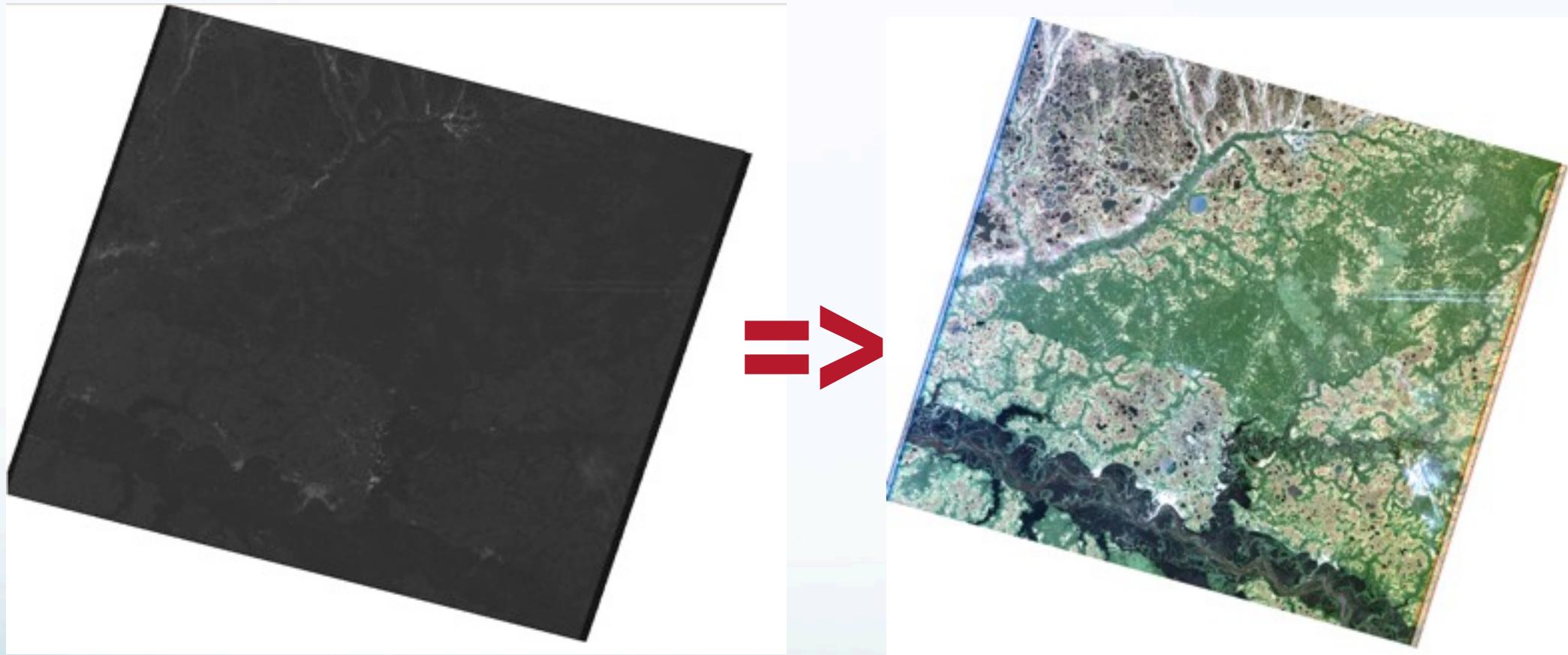
Веб-ГИС система

- Унифицированный программный интерфейс для разработки веб-приложений
- Обеспечение Веб-ГИС функциональности за счет интеграции с картографическими веб-сервисами на базе ПО Geoserver
 - Масштабирование графических результатов вычислений
 - Выбор географического диапазона, использование слоев
 - Предоставление информации, связанной с географическим объектом
- JavaScript-библиотека для разработки графического интерфейса пользователя
- Инструментарий GeoExt (ExtJS Framework + OpenLayers)

Функциональность

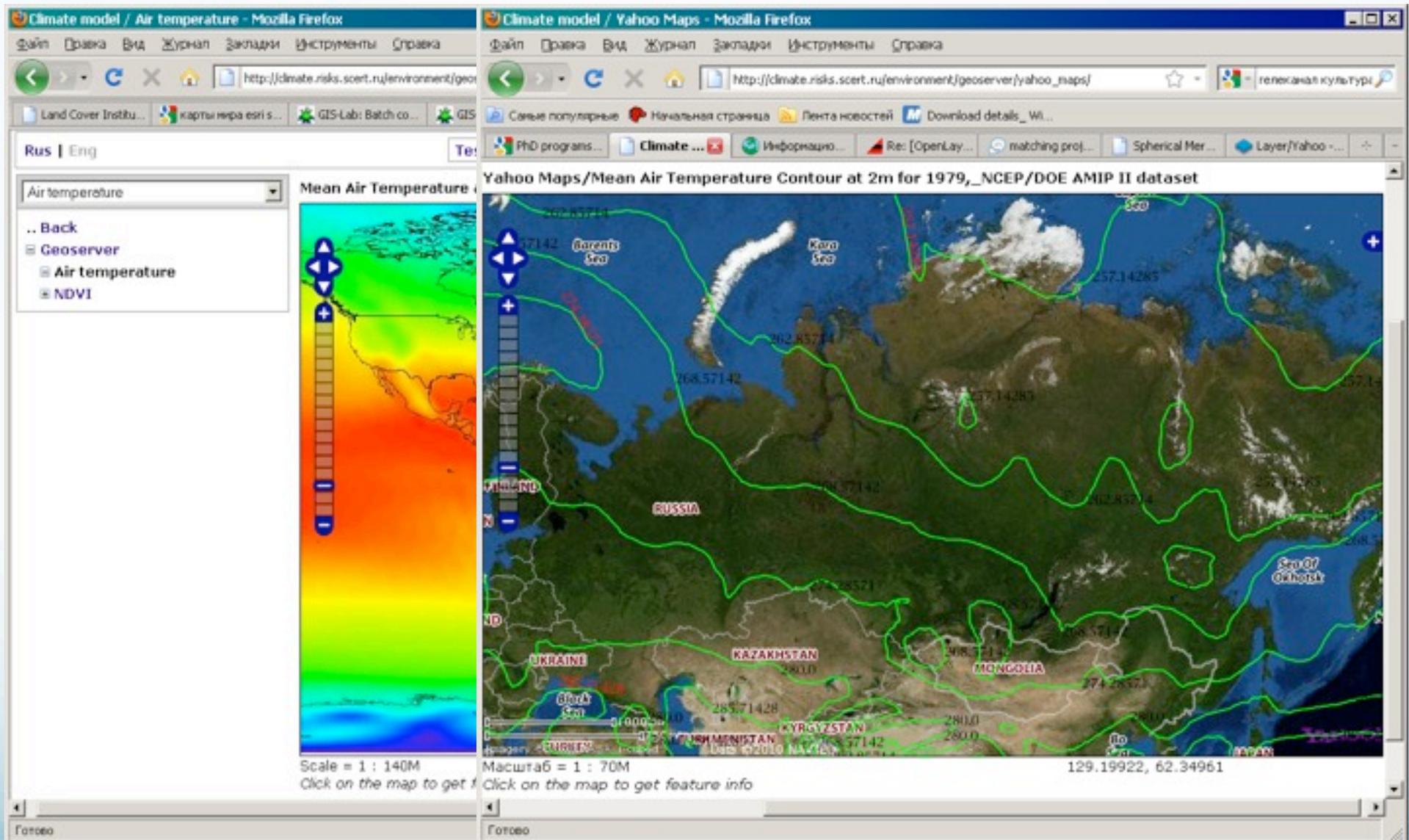
- Выбор наборов данных для обработки/сравнения
- Выбор типа обработки
 - Минимум/максимум, диапазон, средние, стандартное отклонение, дисперсия
 - Индексы изменения климата: число морозных дней, продолжительность вегетационного периода, число дней с заморозками, месячный максимум/минимум дневного максимума/минимума температуры, число тропических ночей...
 - Обработка спутниковых каналов
- Выбор желаемого представления результатов
 - Графический файл (JPEG, GeoTIFF, ESRI Shapefile, EPS)
 - *Файл с данными (NetCDF, HDF5, BIN, ASCII)*
 - *Файл с метаданными (XML)*
 - *Выдача результата по WMS-запросу*

Обработка спутниковых снимков



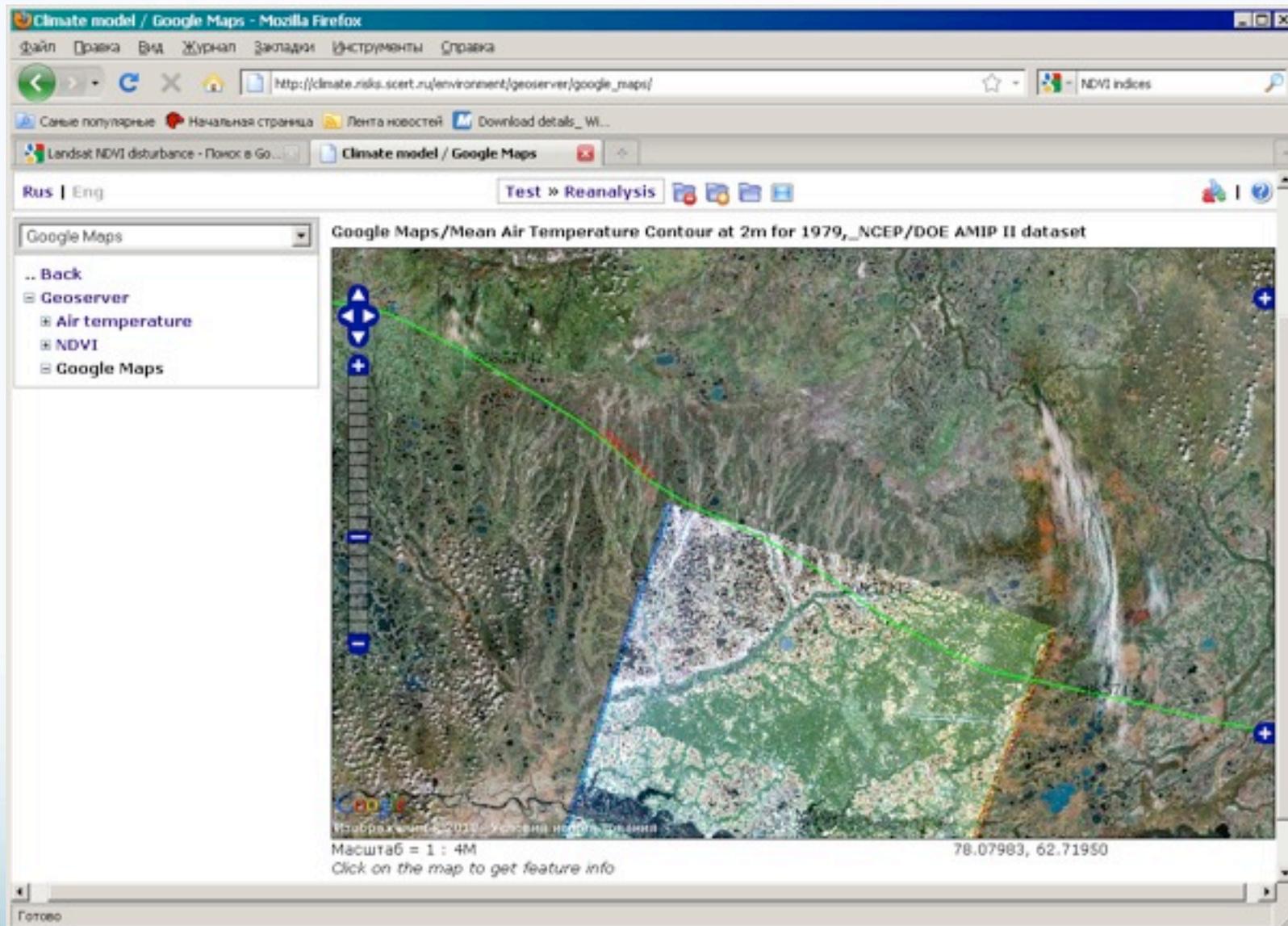
Спутниковые каналы -> RGB, NDVI, EVI...

Визуализация



ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.

Визуализация



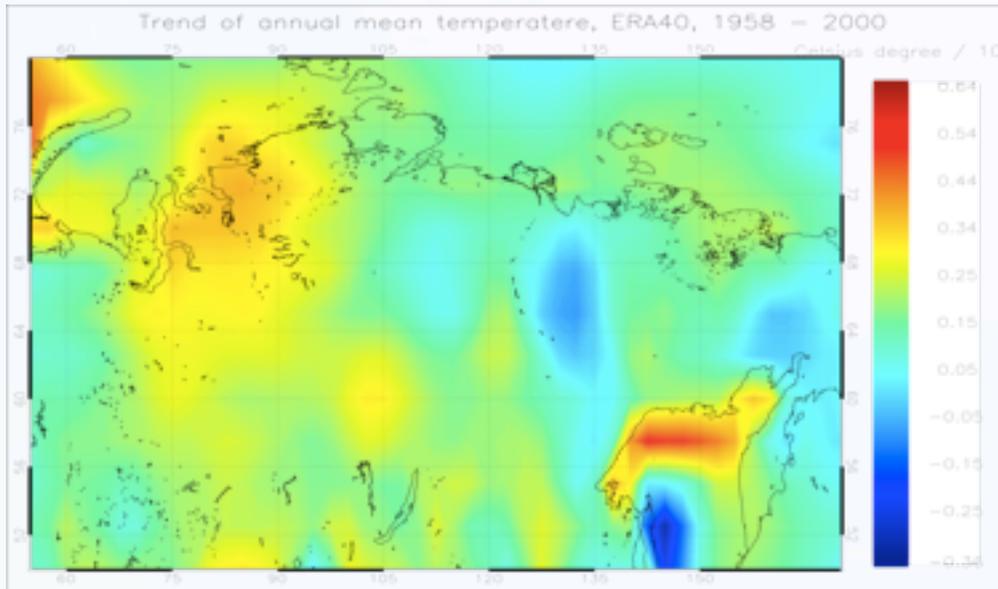
**ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.**

Климатические характеристики: статистический анализ данных реанализа и наблюдений

Цель: исследование поведения температуры воздуха для территории Сибири в терминах следующих климатических характеристик

- Средние:
 - годовые, сезонные и месячные средние температуры;
 - длительность теплого периода года
- Климатические экстремальные индексы:
 - число морозных и летних дней, число тропических ночей;
 - амплитуда суточной температуры, экстремальные значения за несколько лет

Температурная динамика



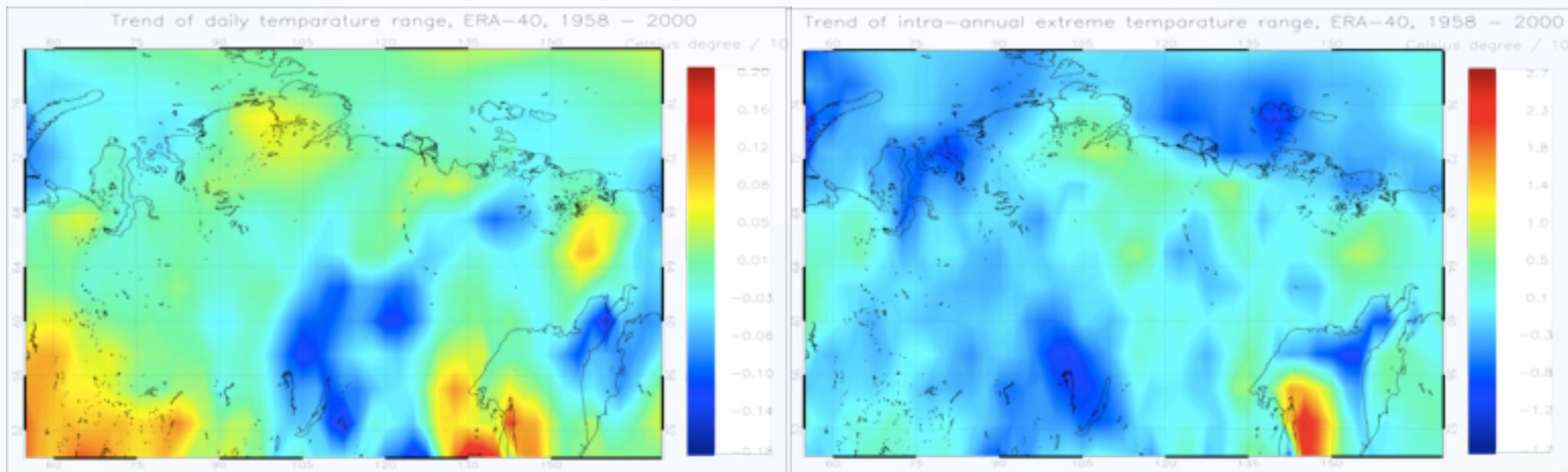
Тренд среднегодовой температуры:

- 0.3 – 0.4 °C/10 лет (северная часть Западной Сибири)
- 0.2 – 0.3 °C/10 лет (южная часть Западной Сибири)

Тренд средней за сезон температуры:

- Зима: 0.5 – 0.7 °C/10 лет (северная и центральная части Западной Сибири)
- Весна: до 0.7 °C/10 лет (северная часть Западной Сибири) и 0.4 - 0.55 °C/10 лет (центральная часть Западной Сибири)
- Лето, осень: нет статистически значимых изменений

Динамика экстремумов температуры



Тренд суточной амплитуды температуры (слева) и экстремальных значений за несколько лет (справа), ECMWF ERA-40, 1958 - 2000 г.г.

- Нет значимых изменений в суточной амплитуде температуры
- Тренд экстремальных значений температуры за несколько лет: $0.5\text{--}1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет

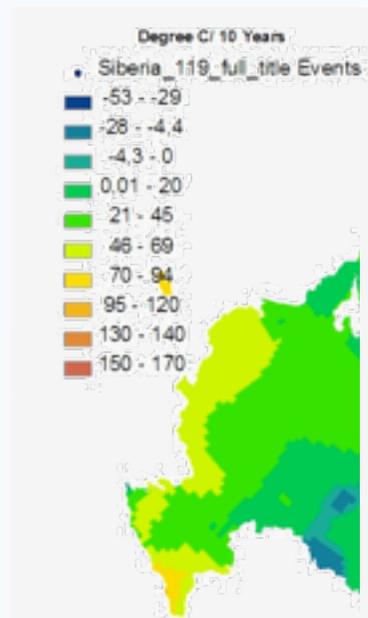
Климатические характеристики, контролирующие развитие сибирских лесных экосистем

Цель: изучить динамику климатических индексов, определяющих развитие лесных экосистем в Сибири за период 1974 - 2000 г.г.

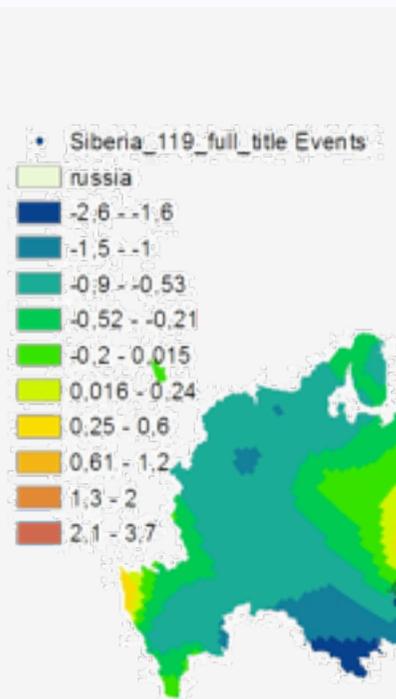
Характеристики:

- средняя температура за год, сезон, месяц
- сумма температур $> 5^{\circ}\text{C}$ и длина вегетационного периода
- сумма осадков за год; продолжительность холодного и теплого периодов года
- амплитуда значений температуры воздуха

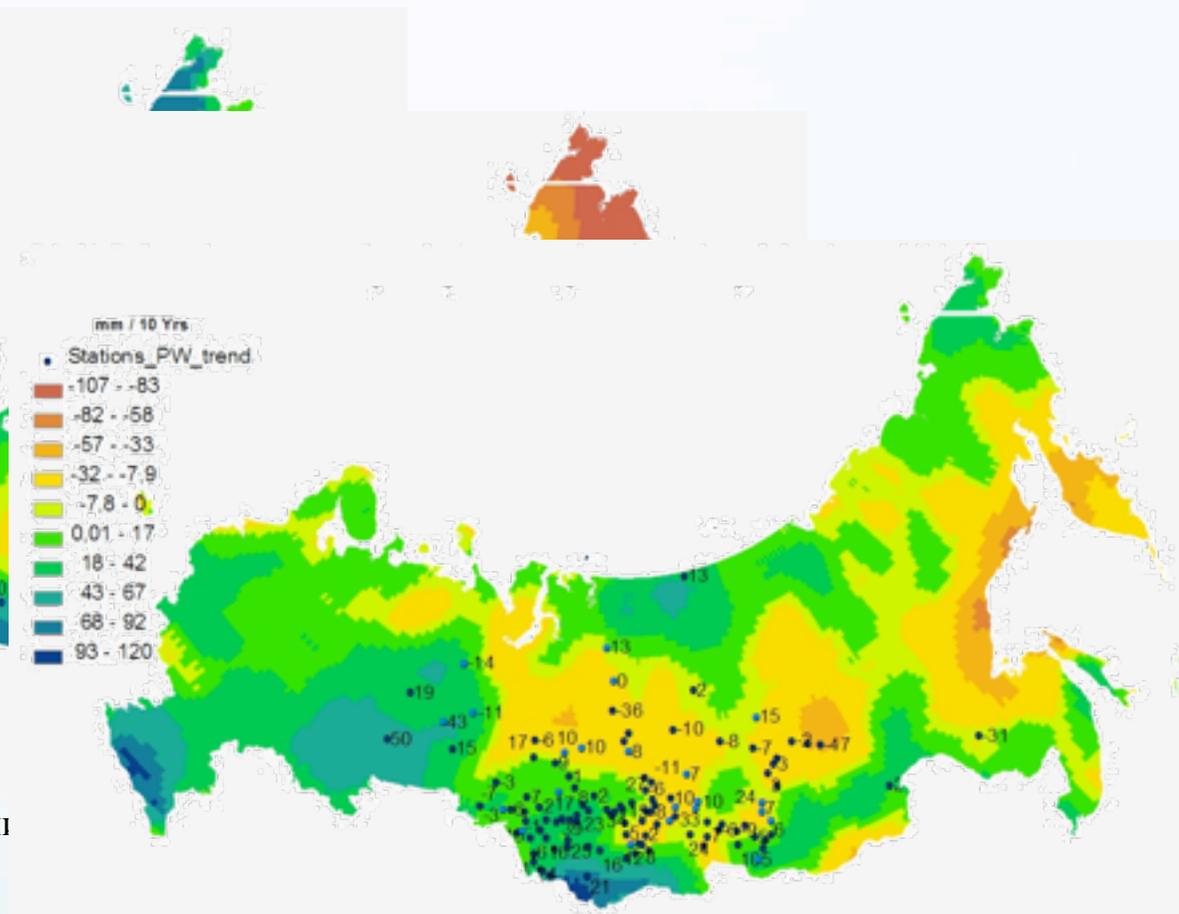
Динамика климатических индексов



Тренд (°C/ 10 лет) сул
1984 – 2000.



Тренд (°C/ 10 лет) разни
1984 – 2000.



Тренд (мм/10 лет) среднегодовой суммы осадков, 1974 – 2000.

Региональное климатическое моделирование

Цель: Создание архива данных региональных метеорологических полей с высоким пространственным разрешением (20 км) для Западной Сибири.

Подход:

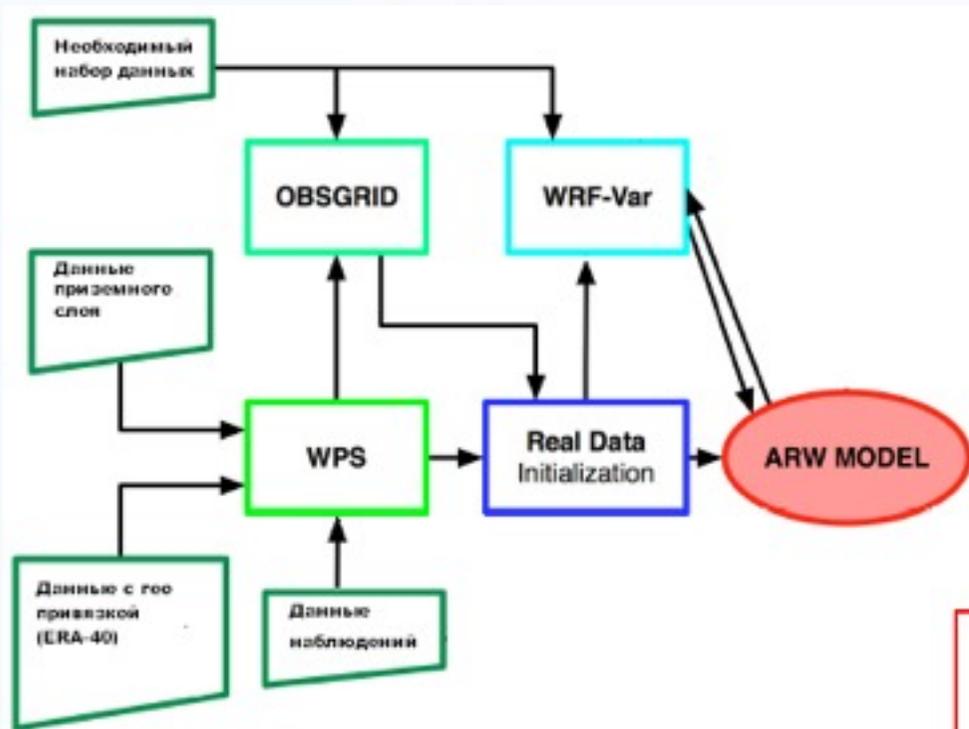
Проведен анализ доступных архивов данных. В качестве начального приближения выбран реанализ ECMWF ERA-40, как наиболее точно воспроизводящий метеорологические характеристики для территории западной Сибири (по результатам сравнения с данными наблюдений на метеостанциях).

При расчете полей используется процедура «сеточный наджинг», для корректировки полей приземной температуры данными стационарных измерений. Для запуска модели на долгий срок применяется процедура 3DVAR. Используется карта землепользования USGS. Для приземного слоя используется модель Noah. Калибровка модели и подборка параметризаций производилась по данным измерений на метеостанциях, расположенных на территории Западной Сибири. Расчетная область: Западная Сибирь 2500x2000 км, шаг сетки - 20 км.

Шаг по времени - 6 часов

Результат выводится в формате netCDF.

Региональное климатическое моделирование

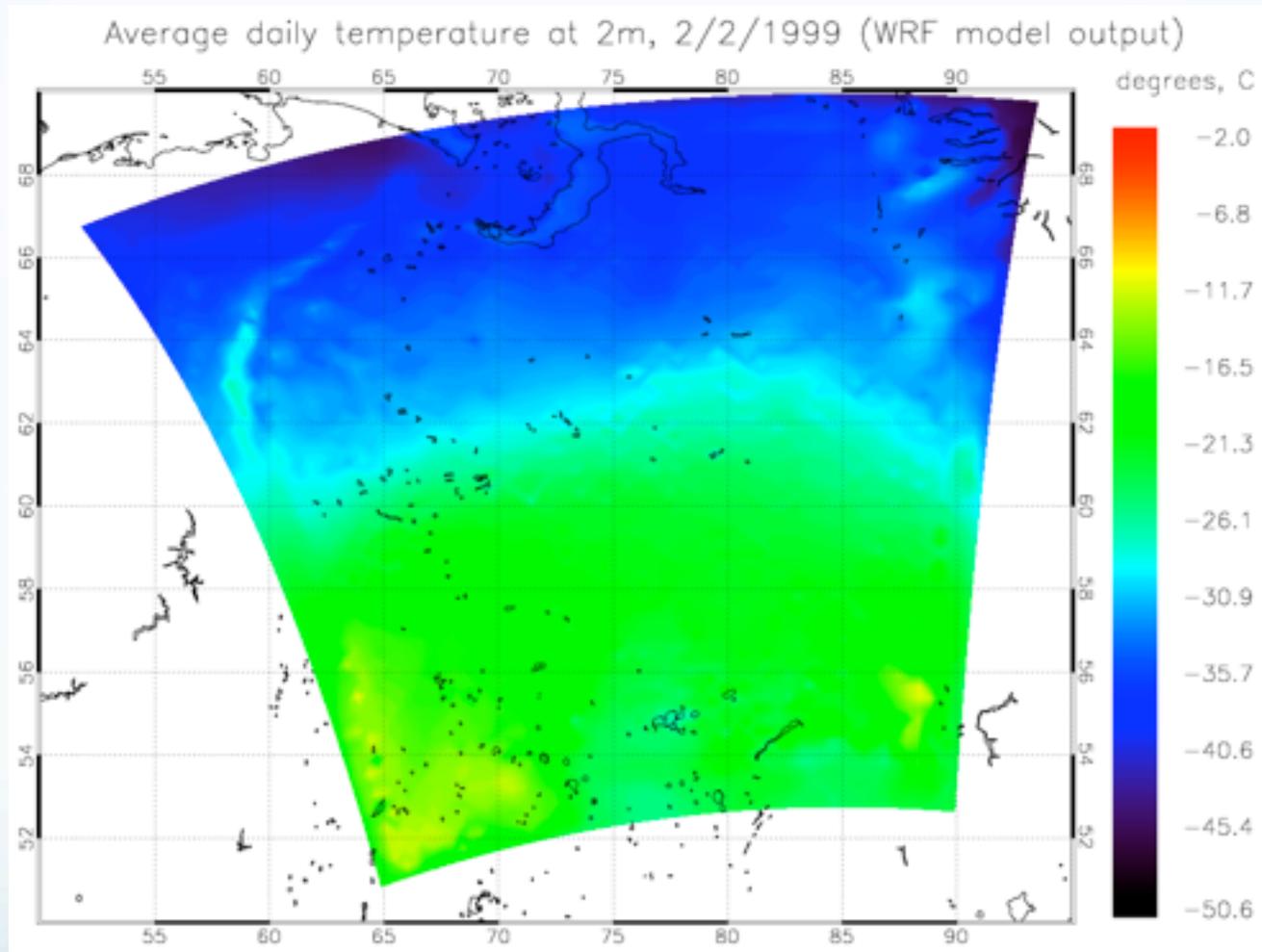


Структура программного комплекса WRF-ARW и WFDDA

Схема расчета долгосрочной проекции метеополей моделью WRF



Региональное климатическое моделирование



Среднесуточная температура на 2 м, 2 фев. 1999 г.,
Модель WRF, пространственное разрешение - 20 м.

**ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.**

Хранилище спутниковых данных

- Хранилище ДДЗ: SunFire X4150 + Sun J4200, доступно 3 Гб (расширяется до 22 Гб.)
- Данные дистанционного зондирования:
 - отобранные снимки LandSat 4-7 для летних и осенних месяцев 1988, 1993, 2006, 2008 г.г.
 - “мозаика” GLS (Global Land Survey) для Северной Евразии, готовые сцены для 1975, 1990, 2000, 2005 г.г.
 - суммарный объем - ~ 1 Гб.
- Веб-портал обеспечивает поиск, просмотр и скачивание ДДЗ, находящихся в локальном хранилище

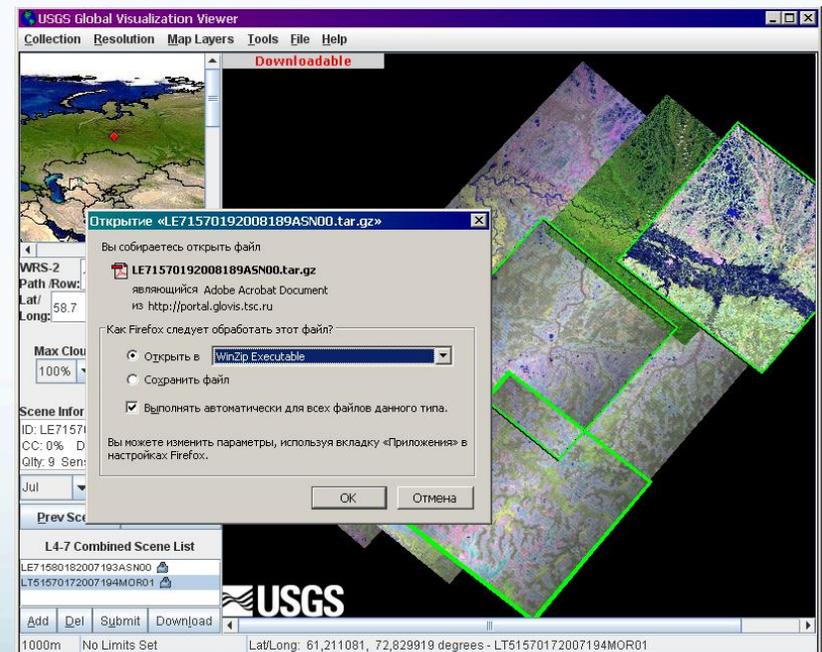
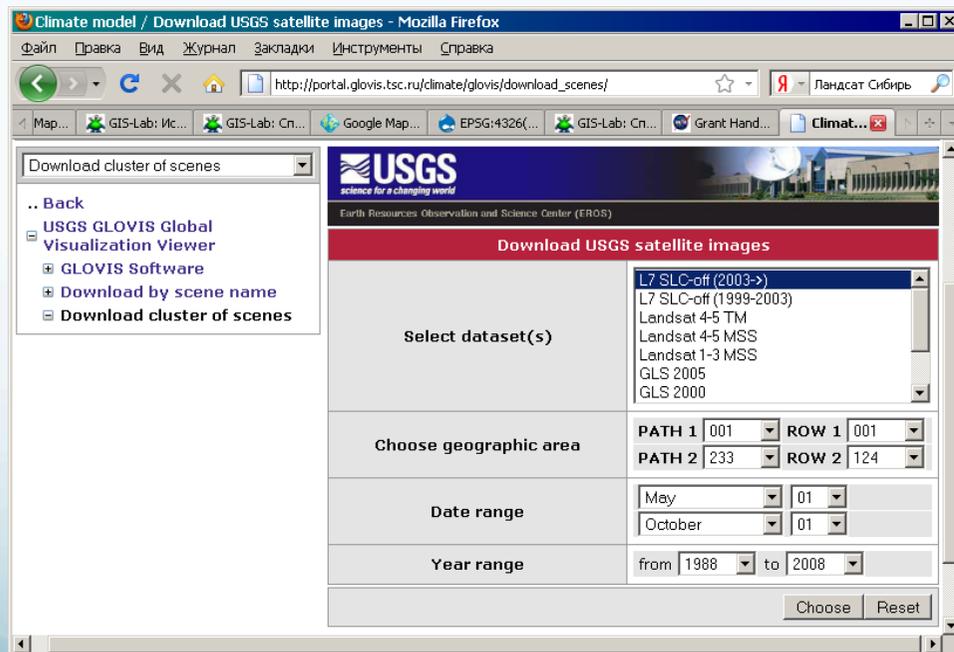


Результаты

Свободное распространение снимков северной Евразии с использованием ПО Glovis (USGS Global Visualization Viewer - <http://glovis.tsc.ru/>)

Обеспечиваются поиск, предварительный просмотр и скачивание данных

Данные используются в рамках международного сотрудничества для оценки антропогенного воздействия на подстилающую поверхность



**ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.**

Планы

- Завершение работ по разработке информационно-вычислительной веб-ГИС-системы:
 - Увеличение числа наборов данных, доступных для обработки (данные локальных и спутниковых наблюдений)
 - Расширение вычислительных и графических возможностей
 - Разработка интерфейса пользователя с использованием новейших веб-ГИС-технологий
 - Расширение возможностей системы за счет внедрения технологии Semantic Web
- Создание пилотной версии Сибирского регионального реанализа высокого пространственного разрешения:
 - Подготовка начальных данных, тестирование модели
 - Запуск модели WRF на суперкомпьютерной системе (кластер, CUDA)



Спасибо за внимание!

**ХIII Российская конференция с участием иностранных ученых
"Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010)
Новосибирск, 30 ноября - 3 декабря 2010 г.**