

Разработка и создание информационно-вычислительной инфраструктуры сбора, хранения и анализа геофизических данных

Гордов Е.П.

Сибирский центр климатозкологических исследований и
образования, ИМКЭС СО РАН и ТФ ИВТ СО РАН
gordov@scert.ru

План:

Введение

Науки об окружающей среде и ИВТ

Интегрированное региональное исследование окружающей среды Сибири (ИРИС/SIRS)

- Данные

- Подход

- Результаты

- Заключение

Науки об окружающей среде и ИВТ

Широкое использование математического моделирования в качестве вычислительного аппарата.

Интенсивное накопление временных рядов данных наблюдений и моделирования

Особая роль информационных и вычислительных технологий!

Организация всей доступной информации об окружающей среде в информационные и информационно-вычислительные системы.

Вычислительные и информационные технологии являются инструментом выполнения научных исследований и образуют их инфраструктуру

Исследования мультидисциплинарны и выполняются большим числом коллективов.

Работа с огромными массивами иерархированных по временным и пространственным масштабам данных: получение, обмен, обработка и представление накапливаемых данных, превращение наборов данных в информационные ресурсы (данные и их метаданные) и знание.

Необходима информационно-вычислительная инфраструктура, позволяющая исследователям получать и обрабатывать огромные массивы данных и получать знания.

Интегрированное региональное исследование окружающей среды Сибири (ИРИС/SIRS)

В 2003 г. Партнерство наук о системе Земля (Earth System Science Partnership, ESSP,) объявило о развертывании Программы международных интегрированных региональных исследований (ИРИ) в районах экстремального проявления таких изменений глобального климата, последствия которых могут изменить функционирование всей климатической системы.

Организация интегрированных региональных исследований в наиболее важных регионах планеты предполагает ряд требований на такие исследования:

разработку концепции региона как целостной единицы в контексте Земной системы;

качественное и количественное понимание глобально-региональных связей и последствий изменений в этих связях.

Основные «сибирские» угрозы изменения характера глобальных процессов :

- Сдвиг границ вечной мерзлоты (угрозы инфраструктуре и новые источники углерода);
- Сдвиг границ экосистем: пустыня-степь-лес (изменения регионального баланса углерода и социо-экономические последствия); и
- Изменения режима температур, осадков и всей гидрологии (включая влияние на вероятность лесных и торфяных пожаров).

Интегрированное региональное исследование Сибири (Siberia Integrated Regional Study, SIRS, <http://sirs.scert.ru/>)

Сибирь:

Резкие климатические изменения,

Роль в углеродном цикле (леса, болота, торф)

Вечная мерзлота,

Регионально-глобальные связи и наличие инфраструктуры СО РАН.

2003 – начало целенаправленной активности!



ИНТЕГРИРОВАННОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИБИРИ

SIBERIA INTEGRATED REGIONAL STUDY

ИРИС

SIRS <http://sirs.scert.ru>

Guest | 

Program Climate News

Rus | Eng 

Few years ago IGBP suggested to develop in selected regions integrated regional studies of environment, which would represent a complex approach to reconstruct the Earth System dynamics from its components. It considered as a complementary effort to the thematic project approach employed so far in the international global change programs. Nowadays Integrated Regional Study (IRS) approach is developed by the Earth System Science Partnership (<http://www.essp.org/>), joining four major Programs on global change research. IGBP initiative aimed at development of IRS in the most important regions of the planet puts a set of prerequisites for such studies:

- The concept should be developed in the context of the Earth System as a whole;
- Scientific findings should support sustainable development of the region;
- Qualitative and quantitative understanding of global-regional interconnections and the consequences of changes in these interconnections should be achieved.

The regional (region here is a large geographical area, which functions as a biophysical, biogeochemical and socio-economical entity) aspect of science for sustainability and of international global change research is becoming ever more important nowadays. Modern technologies in land use, industrial and economical development lead to rapid changes both at regional social-economical system and the Earth System. Consequences of these changes are very important on a regional and global scale. Regional approach to the study is also important with respect to the point of view of Earth sciences. Regional compounds of the Earth System may manifest significantly different Earth System dynamics and changes in regional biophysical, biogeochemical and anthropogenic components may produce considerably different consequences for the Earth System at the global scale. Regions are "open systems" and the interconnection between regional and global processes plays a key role. Some regions may function as choke or switch points (in both biophysical and socio-economic senses) and small changes in regional systems may lead to profound changes in the ways in which the Earth System operates.

In each region IRS should be developed, lead and performed by regional scientists. It should reflect individual characteristics, integrate scientific opportunities and development priorities of the region and be unconventional. Common point of different IRS is that they

News

30.03.2010 | RNC IGBP open meeteng

Open Meeting of Russian National Committee for IGBP: Development of Siberia Integrated Regional Study will take place on 10 July in Tomsk during ENVIROMIS 2010 Conference.

18.12.2009 | Workshop on Siberia Integrated Regional Study 2009

Workshop on Siberia Integrated Regional Study (SIRS) took place in the framework of International Conference on Computational Information Technologies for Environmental Sciences: "CITES-2009", July 5-15, 2009, Krasnoyarsk, Russia. Workshop materials are available at the event site.

Siberia Integrated Regional Study: multidisciplinary investigations of the dynamic relationship between the Siberian environment and global climate change

Author E P Gordov¹ and E A Vaganov²

Affiliations ¹ Siberian Center for Environmental Research and Training and Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii Ave, 634055 Tomsk, Russia
² Siberian Federal University and Sukhachev Institute of Forest SB RAS, 79, Svobodny Ave, 660041 Krasnoyarsk, Russia

E-mail gordov@scert.ru rector@sfu.ru

Journal [Environmental Research Letters](#) Create an alert RSS this journal

Issue [Volume 5, Number 1](#)

Citation E P Gordov and E A Vaganov 2010 *Environ. Res. Lett.* **5** 015007
doi: [10.1088/1748-9326/5/1/015007](https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/015007)

<http://iopscience.iop.org/1748-9326/5/1/015007/>

Article **References**

EDITORIAL

Part of [Focus on Climatic and Environmental Change in Northern Eurasia](#)

Tag this article Full text PDF (105 KB)

This is an editorial overview of the Siberia Integrated Regional Study (SIRS), which is a large-scale investigation of ongoing and future environmental change in Siberia and its relationship to global processes, approaches, existing challenges and future direction.

Introduction

The SIRS is a mega-project within the Northern Eurasia Earth Science Partnership Initiative (NEESPI), which coordinates interdisciplinary, national and international activities in Northern Eurasia that follow the Earth

Article links

- [Post to CiteUlike](#)
- [Post to Connotea](#)
- [Post to Bibsonomy](#)
- BOOKMARK

View by subject

All Subjects
All Dates
 All journals This journal only

Export

BibTeX format (bib)
 Abstract References

Образовательная активность

Специфика ИРИ:

Многодисциплинарность;

Необходимость информационно-вычислительной инфраструктуры;

Умение донести результаты до управленцев.

Специальная образовательная программа:

Конференция ENVIROMIS (Environmental Observations, Modeling and Information Systems);

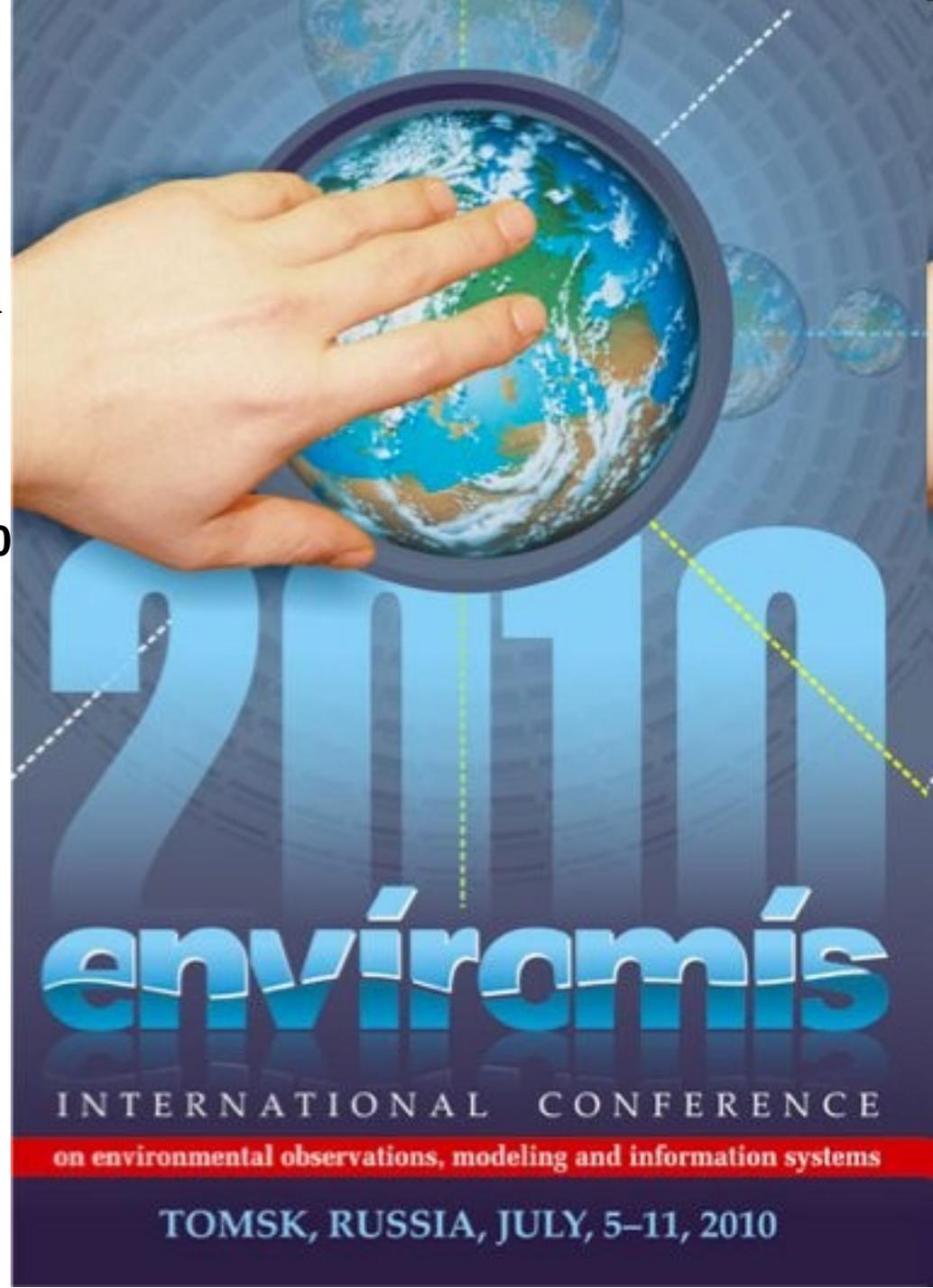
Школа и конференция CITES (Computational and Information Technologies for Environmental Sciences);

Создание образовательных ресурсов на тематических научных веб-сайтах.

**International Conference with
elements of Young scientist school
“Environmental Observations,
Modeling and Information
Systems” (ENVIROMIS-2010) and
NEESPI Workshop, July 2010,
Akademgorodok, Tomsk, Russia**

scert.ru/en/conferences/enviromis2010

Презентации доступны на сайте

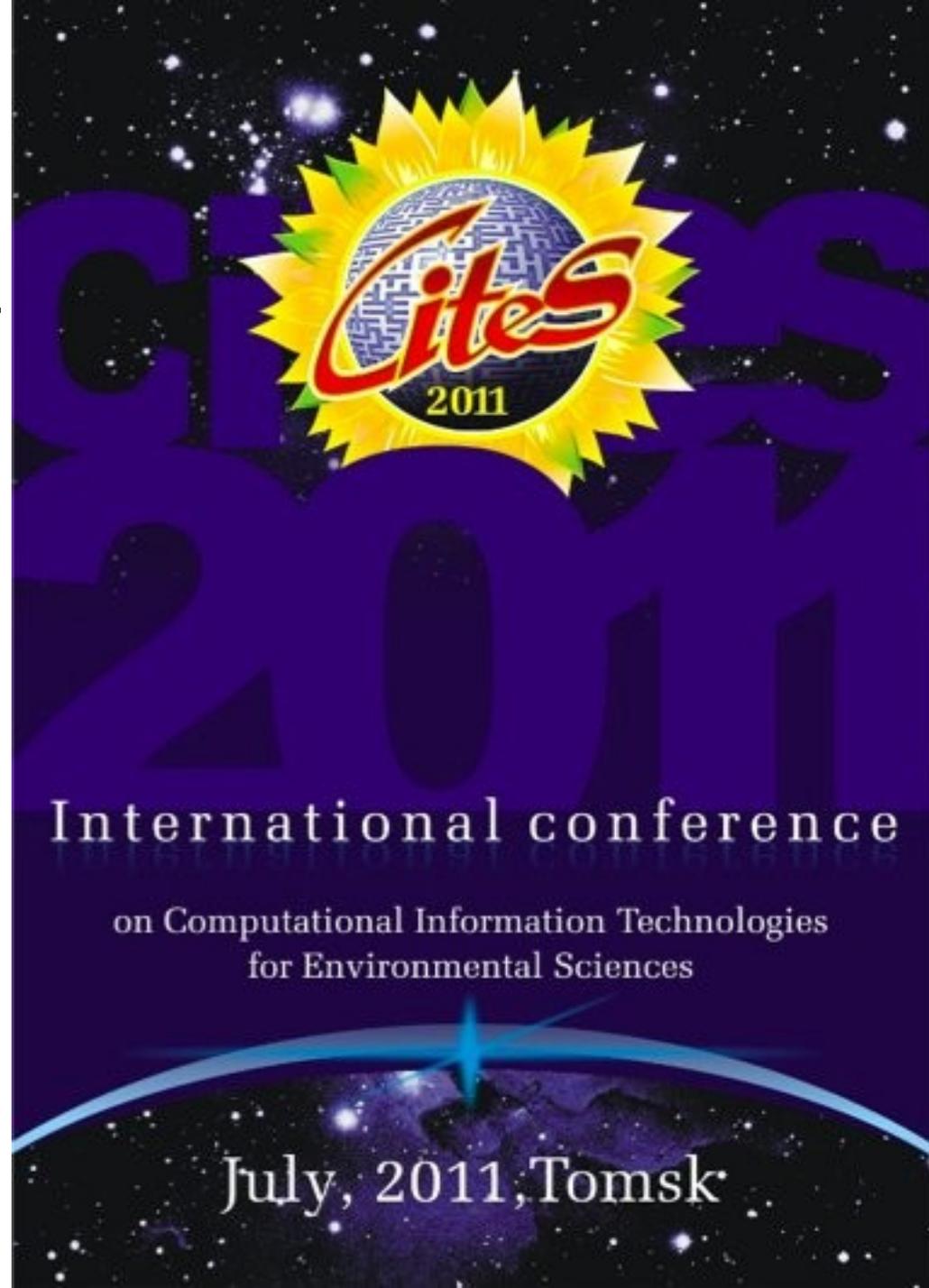


**International School and
Conference on Computational
Information Technologies for
Environmental Sciences
(CITES), Tomsk, July 3-12, 2011**

Основная тема:

**Моделирование и мониторинг
регионального климата**

**Northern Eurasia Earth System
Science Partnership Workshop
(Session on SIRS is included)**



International conference

on Computational Information Technologies
for Environmental Sciences

July, 2011, Tomsk

Информационно-вычислительная инфраструктура SIRS

Цель: поддержка мультидисциплинарных и распределенных групп исследователей выполняющих совместные проекты по изучению Сибири инструментом для обмена данными, моделями и знанием, а также оптимизация использования информационно-вычислительных ресурсов и приложений.

Ключевые элементы:

Научные веб-порталы (ИВС) для комплексного анализа наборов пространственно-привязанных геофизических данных с целью мониторинга и прогнозирования климатических и экосистемных изменений (метеорологические наблюдения, результаты моделирования и реанализа, данные дистанционного зондирования), обеспечивающие интерактивный доступ к данным, моделям и инструментарию:

- **ATMOS** (<http://atmos.iao.ru/> и <http://atmos.scert.ru/>)
- **RISKS** (<http://climate.risks.scert.ru/>)
- **ENVIROMIS** (<http://enviromis.scert.ru/en/>)
- **CLIMATE**

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, закрыт для России	0.25°×0.25° 23 уровня давления
Regional Meteorological Reanalysis for West Siberia (pilot version)	ИМКЭС и СибНИГМИ	В процессе вычислений Объем около 20 Тб!	20 x 20 км.
NCEP Climate Reanalysis	NCEP/NCAR	1979 – 2011 66 Тб!	40 x 40 км.

Данные метеостанций



Network of weather stations in Siberia (archive of NCDC/NOAA Global Synoptic Network).

Надежные данные метеостанций



Only **62** weather stations located in Siberia from all included into archive of NCDC/NOAA Global Synoptic Network have continuous series ($> 5\%$ gaps per year) covering period from **1958 to 2009**.

Meteo-fields for Siberia territory obtained by interpolation of these observations are not reliable.

However these data can be used for modeling data sets validation and for regional scale modeling

Схема сравнения данных

Данные
метеорологических
моделей

Данные
метеорологических
моделей

1. Выбор метода интерполяции для восстановления значений моделированных данных в узлах нерегулярной сетки метеорологических станций

Метод 1.

Метод 2. Ошибка интерполяции $\Rightarrow \min$

Метод 3.

2. Восстановление значений моделированных данных в узлах сетки станций

Набор данных 1.

Набор данных 2. Отклонение от данных наблюдений $\Rightarrow \min$

Набор данных 3.

3. Проверка критериев однородности и статистической значимости различий рядов метеорологических величин, восстановленных по данным моделирования, и инструментальных наблюдений

Набор данных
моделирования



Данные
наблюдений
метеостанций

Восстановление значений Реанализа в узлах регулярной сетки (тест)

	ERA-40		AMIP II		JRA-25		INTERIM	
	<i>MAE</i>	<i>MRSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MRSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MRSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MRSE</i>
<i>Linear interpolation</i>	0,253	0,527	0,164	0,313	0,152	0,261	0,053	0,082
<i>Cubic polynomial</i>	0,853	1,144	0,503	0,686	0,507	0,676	0,106	0,132
<i>Inverse-distance interpolation</i>	0,864	1,176	0,746	0,991	0,493	0,674	0,252	0,335
<i>Modified Shepard's method</i>	0,201	0,405	0,157	0,315	0,156	0,296	0,056	0,087
<i>Kriging method</i>	0,242	0,48	0,169	0,316	0,153	0,259	0,059	0,091

Средняя абсолютная ошибка:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |p_i - o_i|$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2 \right]^{1/2}$$

Средняя годовая температура воздуха

Критерий однородности χ^2

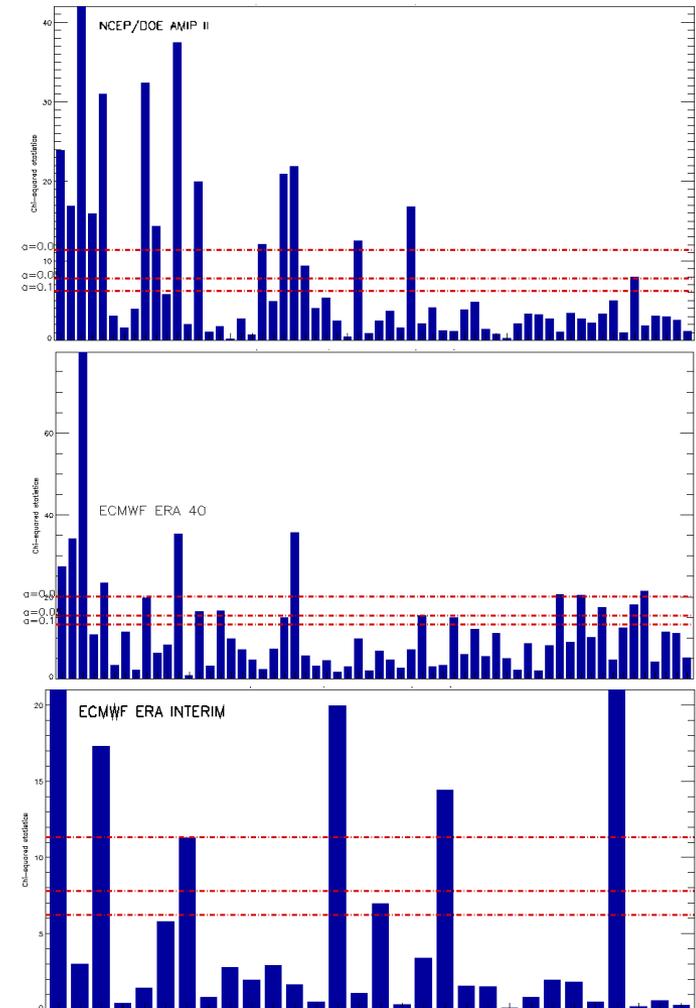
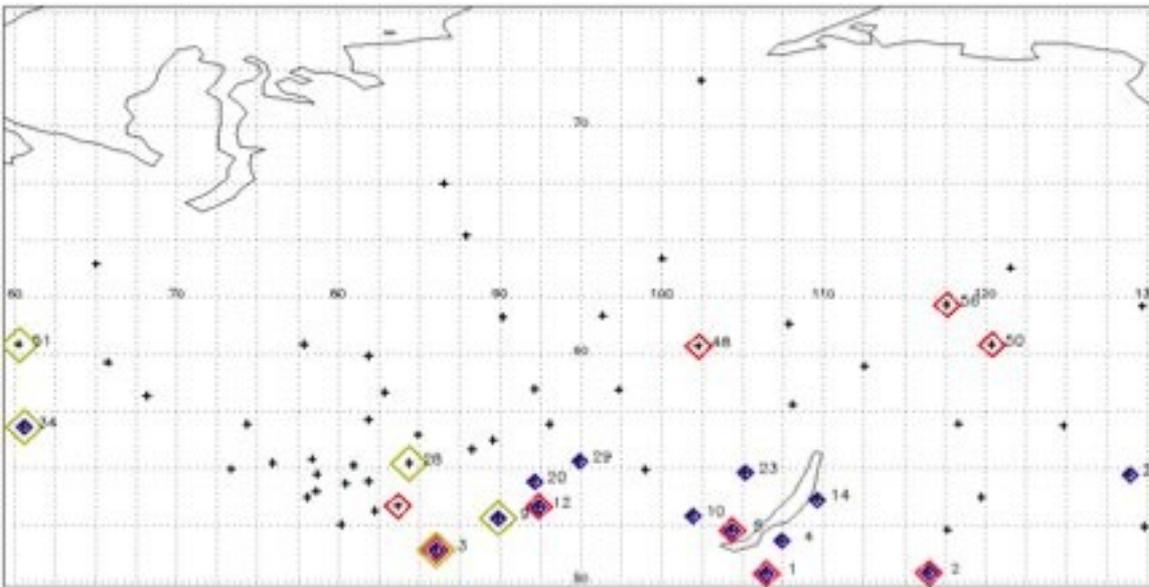
$$X = (X_1, X_2, \dots, X_{n_1}), Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_2})$$

S интервалов, v_{ij} - i-й исход в j-й серии

$$H_0: (p_{1j}, \dots, p_{sj}) = (p_1, \dots, p_s), j = 1, \dots, k$$

$$\chi_n^2(\hat{p}) = n_1 n_2 \sum_{i=1}^s \frac{1}{v_{i1} + v_{i2}} (v_{i1}/n_1 - v_{i2}/n_2)^2$$

$$t_\alpha = \chi_{1-\alpha, (s-1)(k-1)}^2$$



Положение станций, ряды наблюдений которых не однородны с рядами данных моделирования NCEP (синий), ERA-40 (красный), ERA INTERIM (зеленый).

Температура

Применение статистических критериев однородности (Chi-square and Wilcoxon) к данным по приземной температуре из основных Реанализов (ECMWF ERA-40, NCEP/NCAR, NCEP/DOE AMIP II, CRIP/JMA JRA-25) и рядов наблюдений на 62 станциях показали, что только для данных **ECMWF ERA-40** гипотеза однородности принимается с 5% вероятностью ошибки.

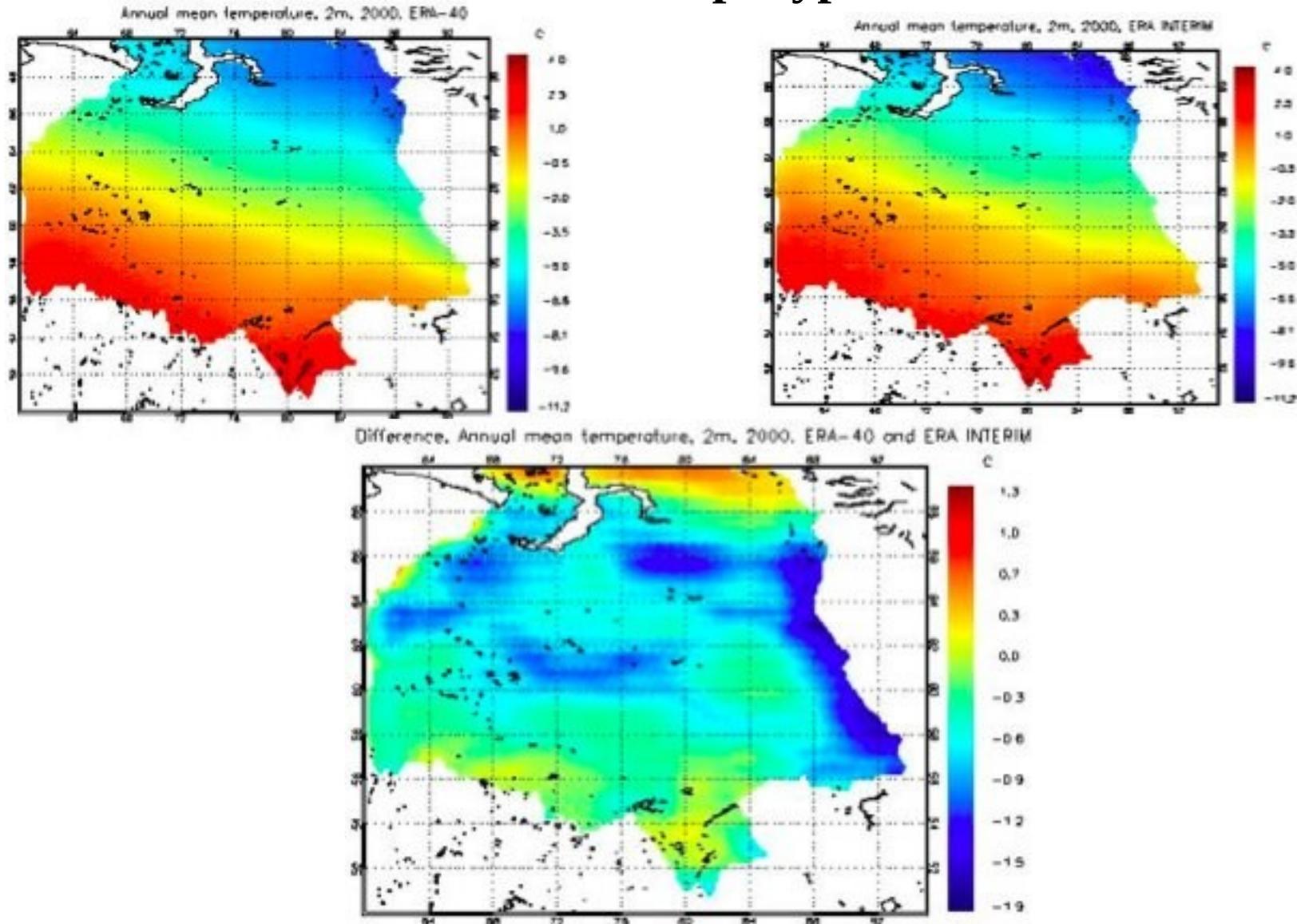
Осадки

Сравнение полей осадков вычисленных на основе ECMWF ERA INTERIM (моделирование) и APHRODITE JMA (интерполяция наблюдений) выявило существенные различия между ними.

Поэтому, для изучения динамики осадков на территории Сибири можно использовать данные 62 метеостанций и данные APHRODITE JMA для 1958 – 2000.

Новые Реанализы: новые возможности (разрешение)/ новые проблемы (объем)

Сравнение среднегодовой температуры в ERA-40 и Interim



Региональное климатическое моделирование

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

- Подход:

В качестве начального приближения выбран реанализ ECMWF ERA- 40, 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

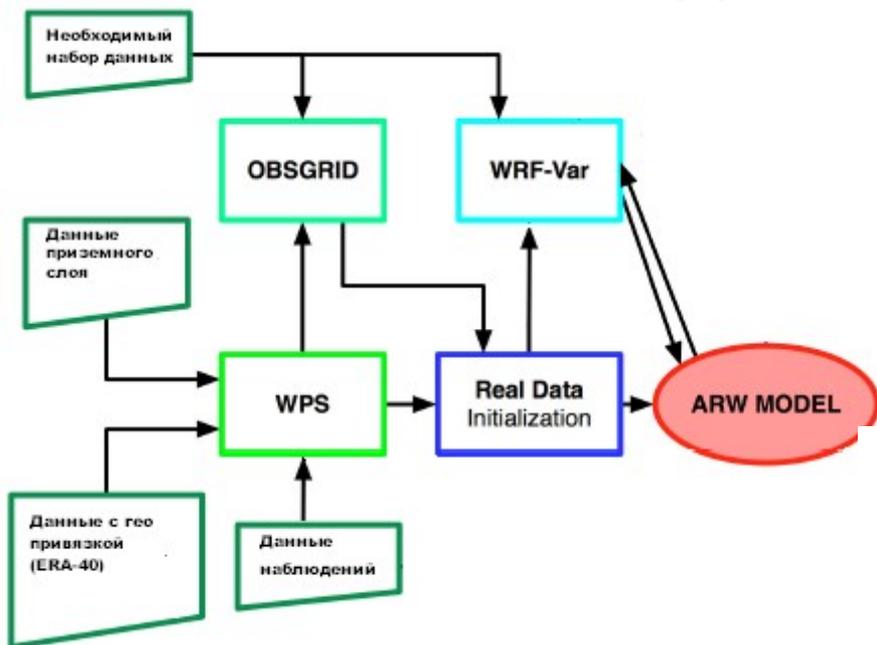
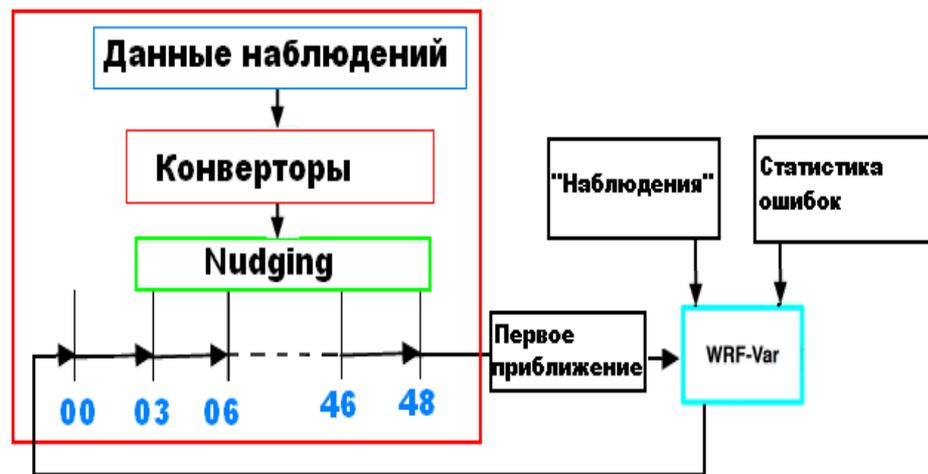


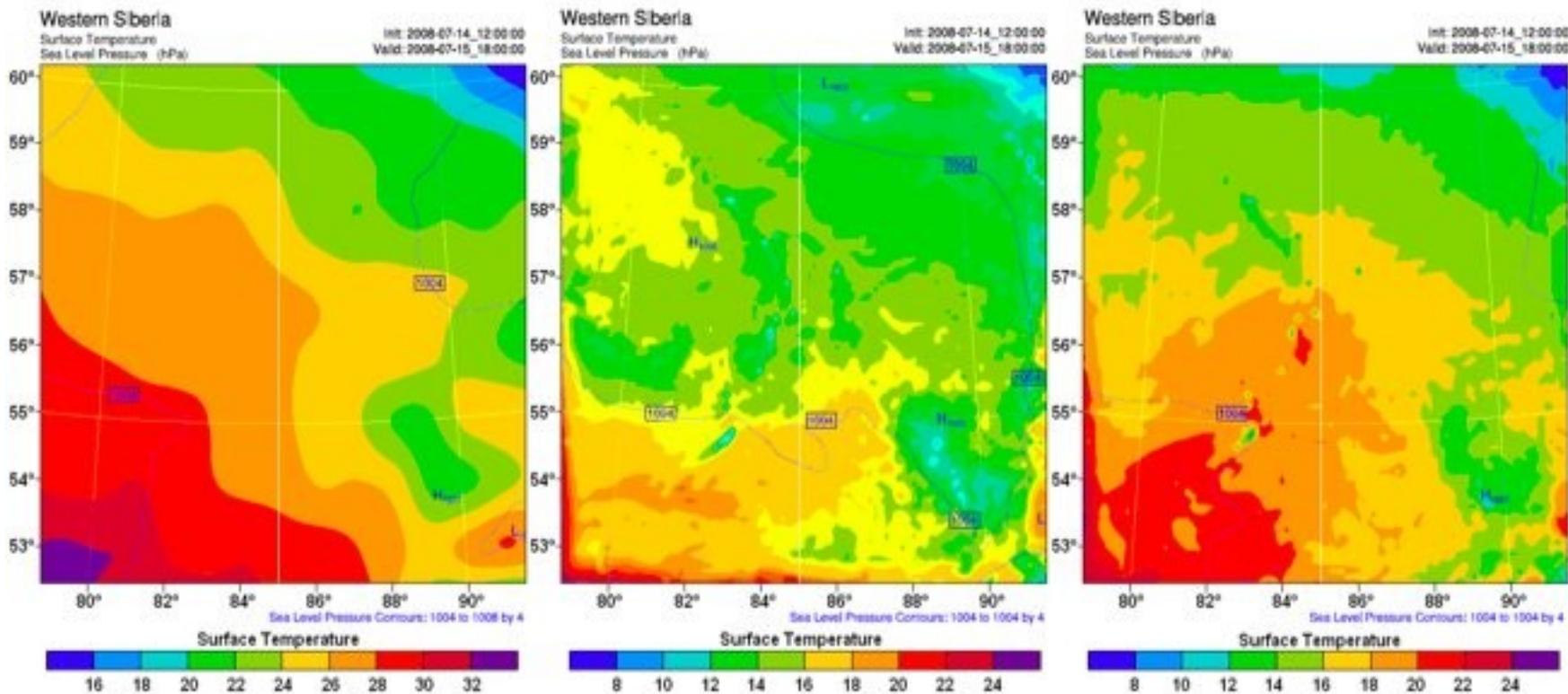
Схема расчета долгосрочной проекции метеополей моделью WRF

Структура программного комплекса WRF-ARW и WFDDA

Прогноз (WRF)

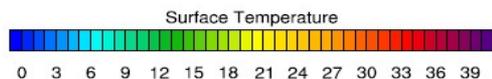
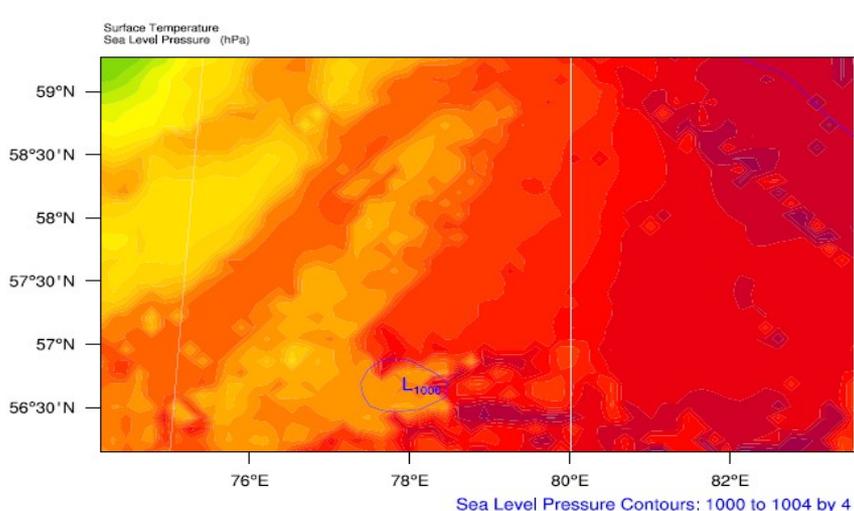


Тестовый расчет влияния усвоения данных наблюдений

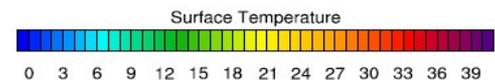
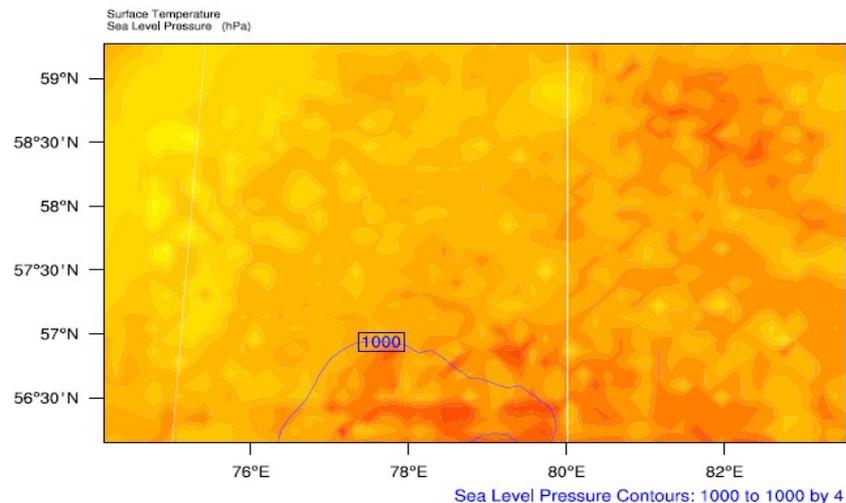


Поле температуры на высоте 2 метра, полученное: а – процедурой восстановления на основе глобального прогноза; б – на основе 36 часового прогноза WRF модели; в – на основе 36 часового прогноза WRF модели и 12 часовой процедуры усвоения данных (радиус влияния станции искусственно увеличен до 300 км)

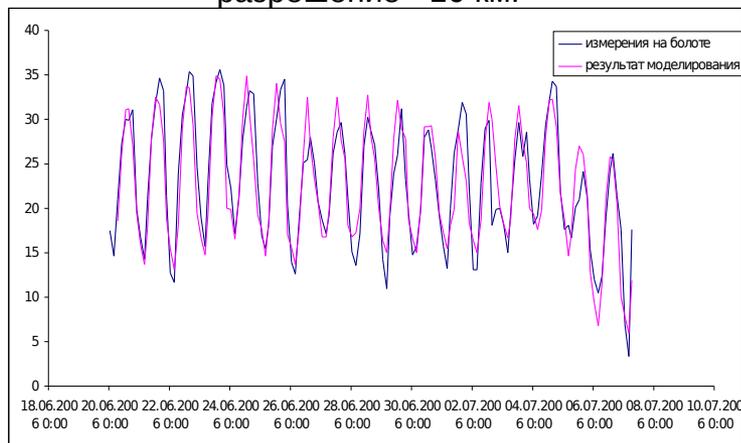
Метод вложенных областей: Большое Васюганское болото.



Температура на поверхности, 12 часов дня
20.06.2006 г., Модель WRF, пространственное разрешение - 10 км.



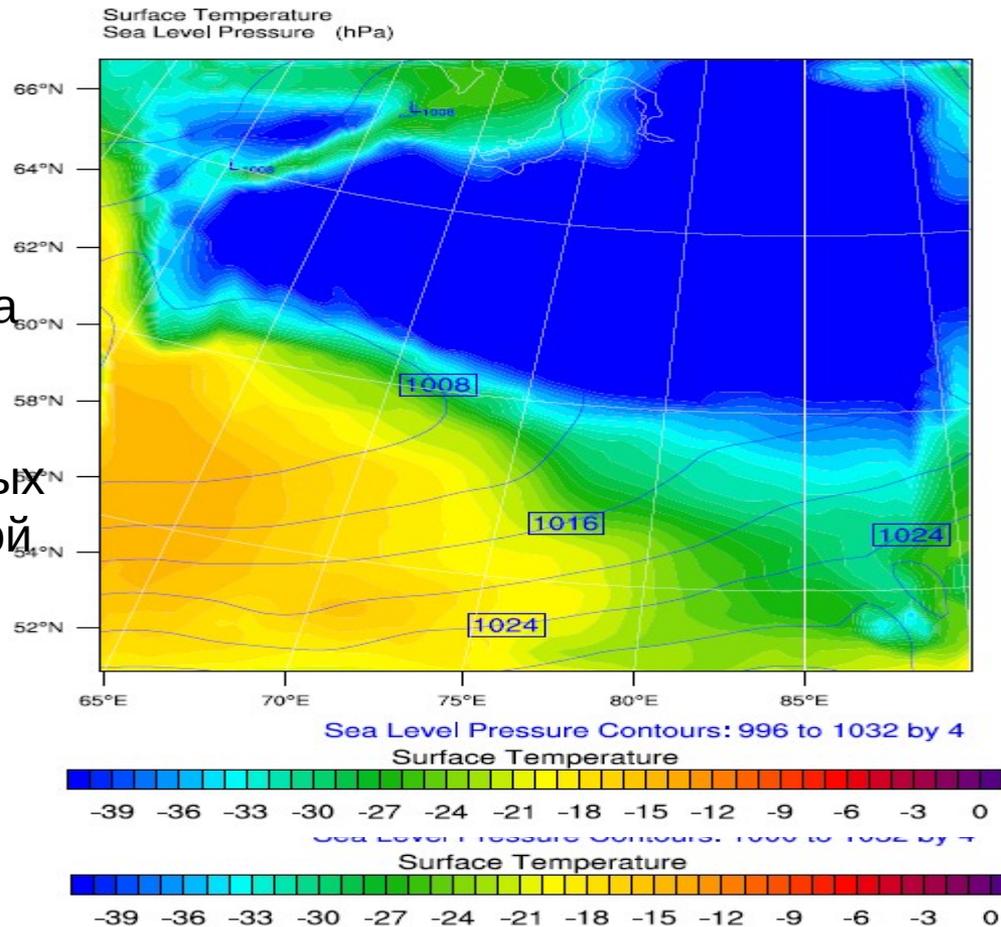
Температура на поверхности, 18 часов вечера
22.06.2006 г., Модель WRF, пространственное разрешение - 10 км.



Валидация:
расчет и наблюдения

Примеры полей

Использование:
Совместный грант
РФФИ 11-05-01190-а
«Мониторинг и
моделирование
динамики парниковых
газов в региональной
климатической
системе Западной
Сибири»



Планы

Получение архива данных на исторический промежуток (1960 -2000) и климатических проекций до 2050)

Подход

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

Аналоги:

Giovanni (Goddard Interactive Online Visualization ANd aNalysis Infrastructure)

Анализ спутниковой информации



<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

Giovanni

You are here: [GES DISC Home](#) » Giovanni

GIOVANNI

» OVERVIEW

- + What is Giovanni?
- + Who Uses Giovanni?
- + Giovanni Parameters
- + Giovanni Plot Types
- + How to Use Giovanni
- + How to Acknowledge Giovanni
- + Acknowledgements

Additional Features

- + News
- + Users Manual
- + Publications
- + Newsletters
- + Feedback

Giovanni is a Web-based application developed by the GES DISC that provides a simple and intuitive way to visualize, analyze, and access vast amounts of Earth science remote sensing data without having to download the data.

Giovanni is comprised of a number of interfaces, called instances, each tailored to meet the needs of different Earth science research communities. To access a Giovanni instance, click on one of the four categories below.

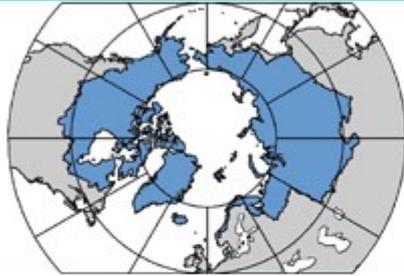
- **Atmospheric Instances:** A-Train along CloudSat Track; Aerosol Optical Thickness Measurement and Model Comparison *Daily* and *Monthly*; Aqua/AIRS Global *Daily* and *Monthly*; Aura High Resolution Dynamics Limb Sounder (HIRDLS); Aura Microwave Limb Sounder (MLS); Aura OMI *Level 3* and *Level 2G*; MISR *Daily* and *Monthly*; Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES FM4); Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA) *3D Monthly* and *2D Monthly*; MODIS Terra and Aqua *Daily* and *Monthly*; Earth Probe and Nimbus-7 TOMS; Tropospheric Emission Spectrometer (TES); Upper Atmosphere Research Satellite (UARS) Halogen Occultation Experiment (HALOE).
- **Environmental Instances:** Agriculture; Air Quality; Monsoon Asia Integrated Regional Study (MAIRS) *Monthly* and *8-Day*; Northern Eurasia Earth Science Partnership Initiative (NEESPI) *Daily* and *Monthly*
- **Ocean Instances:** Ocean Color Radiometry (SeaWiFS, MODIS, and derived and model products); Ocean Model *Daily* and *Monthly*.
- **Hydrology Instances:** Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA) *3D Monthly*, *2D Monthly*, *Monthly Analysis*, and *Chemical Forcing*; MODIS Terra and Aqua *Daily* and *Monthly*; Northern Eurasia Earth Science Partnership Initiative (NEESPI) *Daily* and *Monthly*; TRMM Online Visualization and Analysis System (TOVAS); Global Land Data Assimilation System (GLDAS) *Monthly*.

If you already know which instance to choose, please select it from the table below.

A-Train	Aerosol Daily	Aerosol Monthly	Agriculture	Air Quality
Aqua/AIRS Daily	Aqua/AIRS Monthly	Aura HIRDLS	Aura MLS	Aura OMI L3
Aura OMI L2G	CERES (FM4)	GLDAS Monthly	MAIRS Monthly	MAIRS 8-Day
MERRA MONTH 2D	MERRA MONTH 3D	MERRA_MONTH_ANA	MERRA_MONTH_CHM	MERRA HOUR 2D
MERRA HOUR 3D	MISR Daily	MISR Monthly	MODIS Daily	MODIS Monthly

RIMS Rapid Integrated Mapping System

Гидрология метеорология: данные, модели, анализ



ArcticRIMS

A Regional, Integrated Hydrological
Monitoring System for the
Pan -Arctic Land Mass

<http://rims.unh.edu/>

[Home](#)

[Background](#)

[Tour](#)

[Data](#)

[Institutions](#)

[Site Map](#)



Созданные веб порталы с тематическими сайтами, обеспечивающими интерактивный доступ к данным, моделям и инструментарию:

- **ATMOS** (<http://atmos.iao.ru/> и <http://atmos.scert.ru/>)
- **RISKS** (<http://climate.risks.scert.ru/>)
- **ENVIROMIS** (<http://enviromis.scert.ru/en/>)

(Каждый портал имеет тематический образовательный ресурс)

Информация

Rus | Eng

Портал ATMOS

Аэрозоль

Радиация

Спектроскопия

Химия

Климат

О проекте

ГПО

 Глобальная и региональные модели атмосферы

Полная функциональность портала обеспечивается только для зарегистрированных пользователей. Регистрация и авторизация проводится в разделе, помеченном иконкой . Справку о каждой текущей странице можно найти в .

Одной из наиболее важных проблем, стоящих перед наукой в XXI столетии, является проблема предсказания климатических изменений, вызываемых человеческой деятельностью. В качестве антропогенных воздействий на климатическую систему можно рассматривать сжигание ископаемого топлива, приводящее к изменению концентрации углекислого газа в атмосфере; изменение концентрации малых газовых примесей, контролирующей концентрацию озона в атмосфере; вырубку лесов, приводящую к изменению альбедо и процессу опустынивания; освоение нефтяных и газовых месторождений в районах вечной мерзлоты, сопровождаемое нарушением растительного покрова, и многие другие воздействия. Эти проблемы, имеющие особое значение для дальнейшего развития экономики России, тесно связаны с необходимостью создания национальной системы экспертной оценки неблагоприятных для страны последствий глобальных изменений климата.

Климатические модели дают возможность на основе численных экспериментов попытаться воспроизвести современный климат и исследовать чувствительность "модельного" климата по отношению к малым изменениям параметров, характеризующих внешние воздействия, изучить основные климатообразующие процессы, оценить опасные региональные последствия глобальных изменений и многое другое. Фундаментальным является вопрос, что и с какой точностью должна воспроизводить климатическая модель, чтобы ее чувствительность к малым возмущениям внешних воздействий была бы близка к чувствительности реальной климатической системы. Глобальные климатические модели, включающие в себя описание большого числа разнообразных физических процессов и их взаимодействий, переживают в настоящее время период бурного развития, определяемого в конечном итоге интенсивным развитием вычислительной техники. Эти модели оправдали себя, например, при воспроизведении наблюдаемых в XX веке изменений гидрологического баланса водосбора Волги, уровня Каспия и стока северных рек, распространения вечной мерзлоты. Климатические модели составляют также основу технологий четырехмерного усвоения многообразной информации о состоянии компонент климатической системы, в первую очередь, атмосферы и океана.

Вычислительно - информационная система (ВИС) **Климат** предназначена, с одной стороны, для демонстрации возможностей математического моделирования для решения отдельных климатических задач, а с другой стороны - на основе интернет-технологий и средств визуализации осуществлять взаимодействие с "потребителями" информации о результатах решения таких задач. При этом, вычислительная компонента системы представляет собой глобальную модель общей циркуляции атмосферы, разрабатываемую в Институте вычислительной математики РАН и реализованную на высокопроизводительных вычислительных системах параллельной архитектуры. Информационная компонента ВИС связана с последующим преобразованием результатов расчетов в информацию, необходимую конкретным пользователям (специалистам по проблемам окружающей среды; людям, занятым управлением в конкретных областях хозяйственной деятельности; студентам, аспирантам и преподавателям и т.д.).

Портал RISKS

MAN-INDUCED ENVIRONMENTAL RISKS: MONITORING, MANAGEMENT AND REMEDIATION OF MAN-MADE CHANGES IN SIBERIA

enviroRISKS

FP6 EC project

Guest | 

Project	Siberia	Air quality	Climate	Distributed resources	Intranet
---------	---------	-------------	---------	-----------------------	----------

Rus | Eng 

The bilingual (Russian and English) Enviro-RISKS web-portal is aimed at dissemination of the FP6 CA "Man-induced Environmental Risks: Monitoring, Management and Remediation of Man-made Changes in Siberia" (Enviro-RISKS) results as well as relevant projects results and approaches. It is also an information resource on general environment issues adjusted also for usage in education process and giving an access to environmental information and basics on environmental monitoring and management to regional administrators, researchers, students and general public thus giving rise the environmental concern in NIS management bodies and general public;

The portal operation will be supported by a distributed information system with main server in Tomsk and nodes Krasnoyarsk, Moscow, Khanty-Mansiisk and Almaty thus providing easy access to structured information resources on Siberia environment, its management under anthropogenic environmental risks and methods of its remediation. Among the information resources there are also gathered and systemized environmental information resources obtained in process of environmental studies in Siberia and results of relevant expert groups studies. The portal is also aimed at exchange and dissemination of good practices examples of practically important results obtained in course of projects implementation, especially those obtained in area of remediation.

Additionally it is used as an instrument for fnextchange and dissemination of information between the project partners.

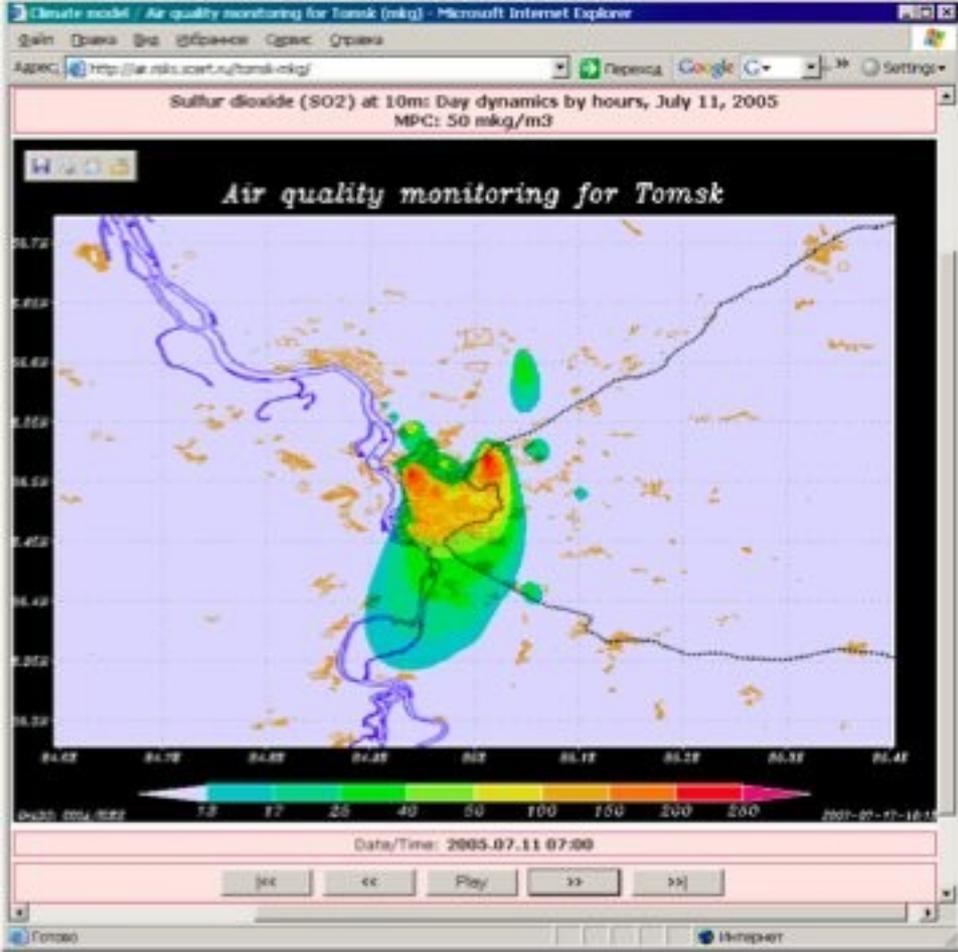
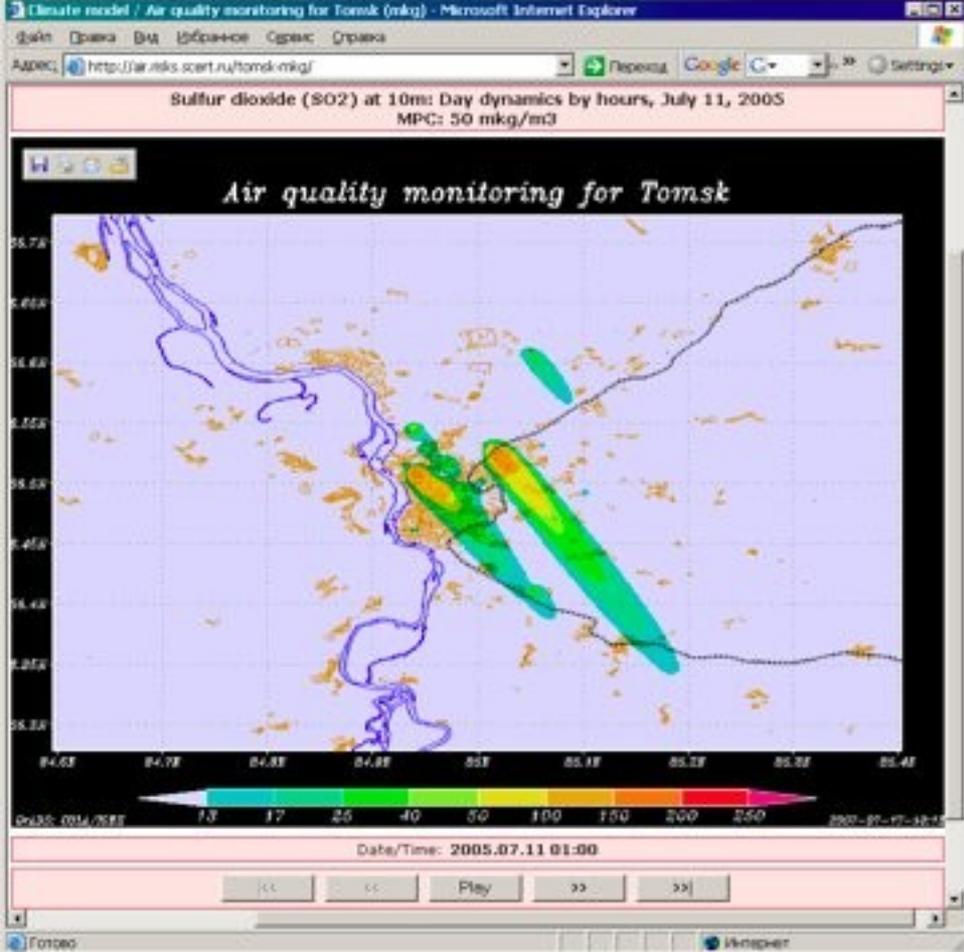
Portal functionality

- Access to:
 - Gathered and analyzed detailed information on all coordinated Projects;
 - Gathered and systemized results and finding obtained including relevant observation data and information resources;
 - Distributed Database, which will give an access to data on characteristics of Siberian environment to the Project Partners and an access to relevant metadata to all interested professional community.

The basic thematic sites integrated into the Enviro-RISKS web-portal are:
Air Quality Assessment and Management will compile basic aspects of air pollution and environmental impact assessment and include interactive tutorials. Specific case study examples will be drawn from Lake Baikal and the West Siberian Lowlands.

ENVIRO-RISKS (INCO-CT-2005-013427)

<http://risks.scert.ru/>



Веб система для оценки загрязнений воздуха в Томске на основе математического моделирования (перенос и атмосферная фотохимия)

Визуализация результатов вычислений (проект Enviro-RISKS)

Система для обработки и визуализации климатических и метеорологических данных

<http://climate.risks.scert.ru/reanalysis/>

Веб-система состоит из трех частей: графического интерфейса пользователя, набора программ, написанных на языке сценариев системы GrADS или IDL, и структурированных метеорологических данных.

Графический интерфейс разработан на базе ядра веб-портала ATMOS с использованием языков HTML, PHP и Java, и представляет собой динамическую форму для ввода параметров расчета и визуализации. Программы представляют собой независимые модули, подключаемые с помощью PHP и выполняемые системой GrADS/IDL, которая по окончании расчетов производит графический вывод результатов в файл. Этот файл отображается на веб-странице.

Зарегистрированный пользователь может свободно получить результаты графического отображения, как данных, так и результатов их обработки, но **не имеет непосредственного доступа к данным и не может скачать их.**

Система работает с данными Реанализов NCEP/NCAR, NCEP/DOE AMIP II, ERA-40 и JRA-25.

Система обладает следующей функциональностью:

- выполнение различных математических и статистических операций над данными;
- вычисление минимальных, максимальных, средних величин;
- определение дисперсии, стандартного отклонения, абсолютного диапазона значений;
- подсчет числа дней с абсолютными значениями параметра в заданном диапазоне;
- сглаживание во времени значений параметра скользящим осредняющим окном в заданный период времени для произвольных пространственных и временных диапазонов;
- вычисление коэффициента корреляции для пар параметров;
- расчет коэффициентов линейной регрессии между некоторыми величинами;
- определение первого (последнего) теплого (холодного) дня (недели, месяца) года.

Пользовательский интерфейс дает возможность задавать географическую область, временной диапазон, выбирать исследуемую климатическую характеристику, а также задавать параметры визуализации.

Простое и быстрое расширение возможностей (интерфейс и программы).

Метеорологическое ПО

Rus | Eng

Test » Reanalysis



JMA/CRIEPI JRA-25 Reanalysis

.. Back

☐ Метеорологическое ПО

☐ NCEP/NCAR Reanalysis I

☐ NCEP/DOE Reanalysis AMIP II

☐ ECMWF ERA-40 Reanalysis

☐ JMA/CRIEPI JRA-25 Reanalysis

☐ Сравнение наборов данных

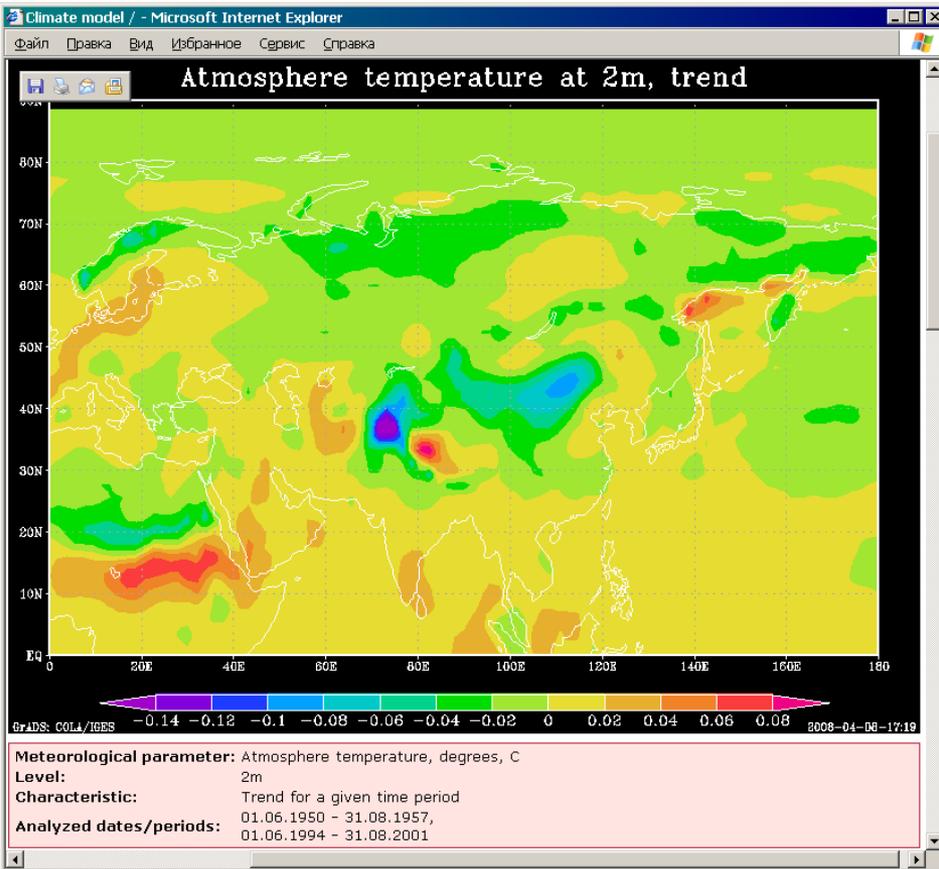
Атмосферная температура

Характеристика	Среднее за день
Заданный диапазон, градус, С	0 - 18
Усреднение по площади	Среднее по всем узлам
Регион	Сибирь
Долготный диапазон	0 - 180
Широтный диапазон	40 - 90
Уровень высоты / Временная сетка	2m 6h
Ширина окна усреднения	Неделя
Выберите день и диапазон лет	
Диапазон дат	1979 Январь 01 2008 Январь 01

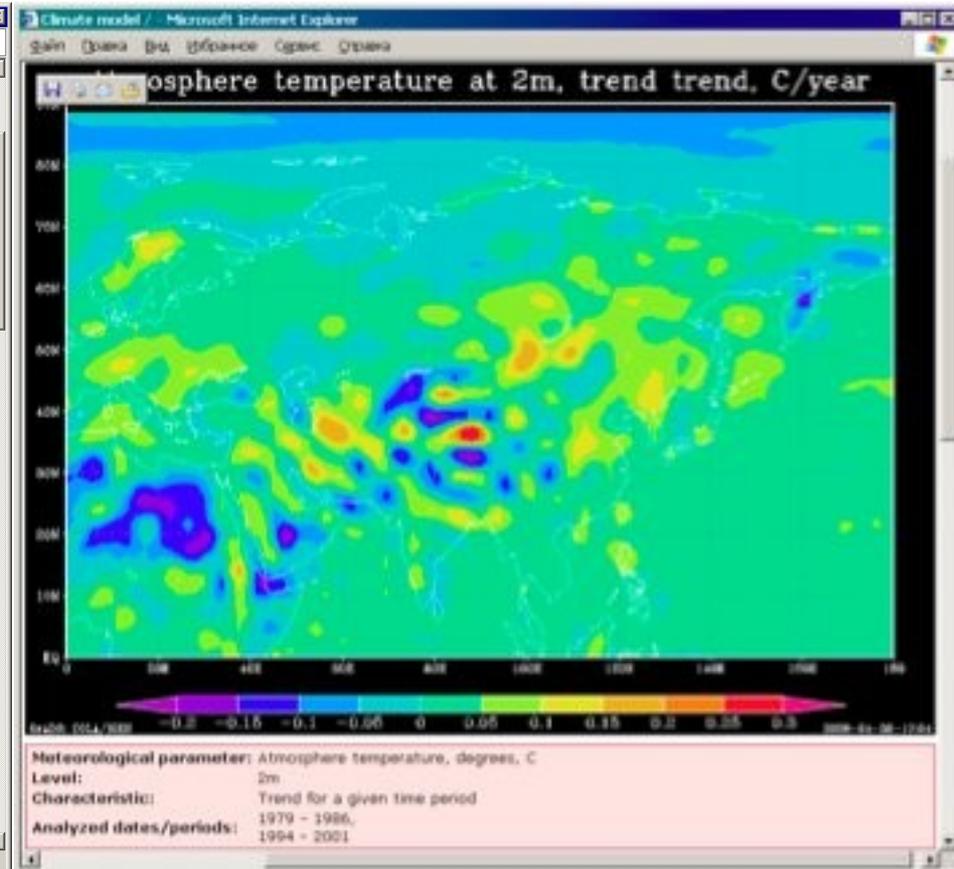
Вид графического вывода	Закрашенная контурная карта
Размер выходного изображения	800 x 600
Частота кадров анимации, мс	500
<input type="button" value="Выбрать"/> <input type="button" value="Сброс"/>	

Окно ввода параметров расчета и визуализации

Тренды летних температур

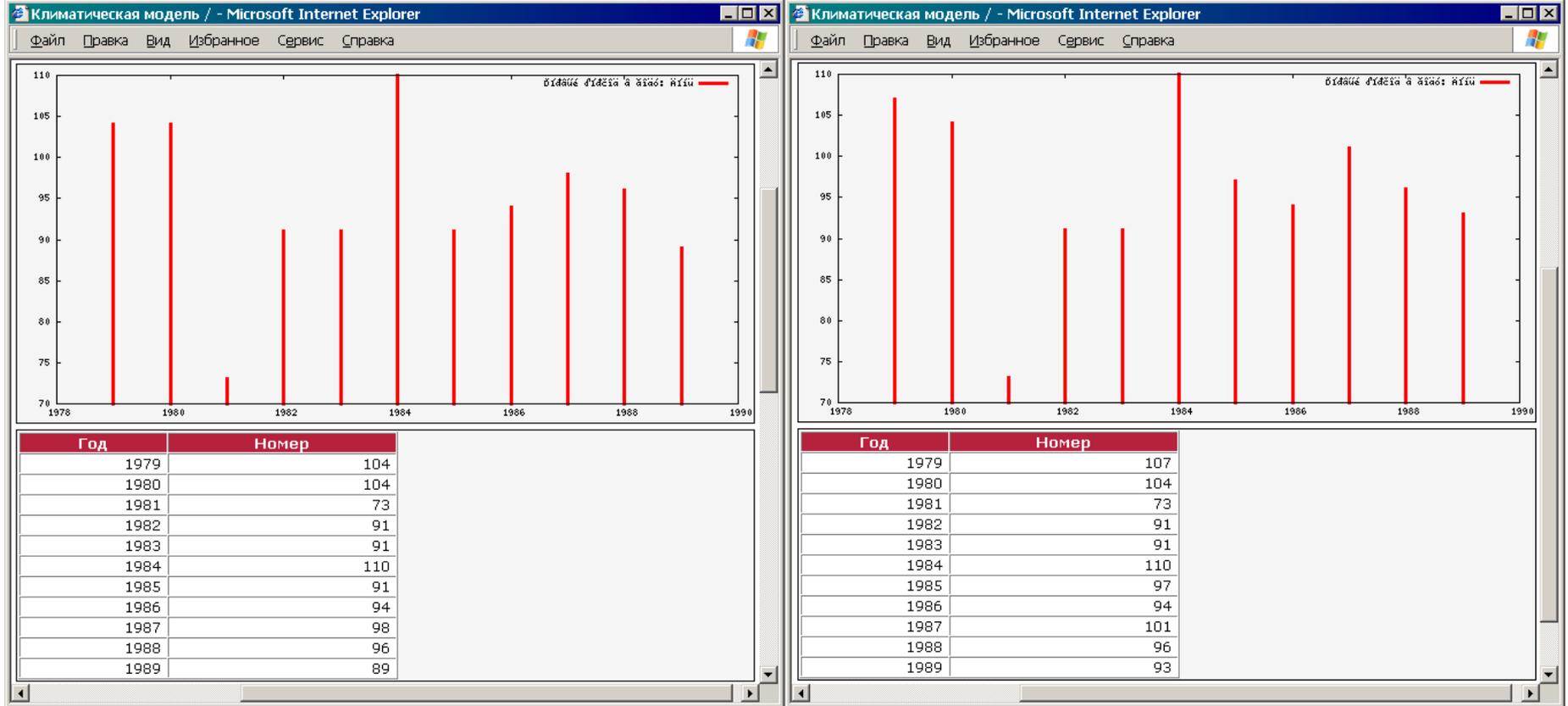


NCEP/NCAR,
1950-1957/1994-2001



NCEP/DOE AMIP II,
1979-1986/1994-2001

Вычисление первых теплых дней года

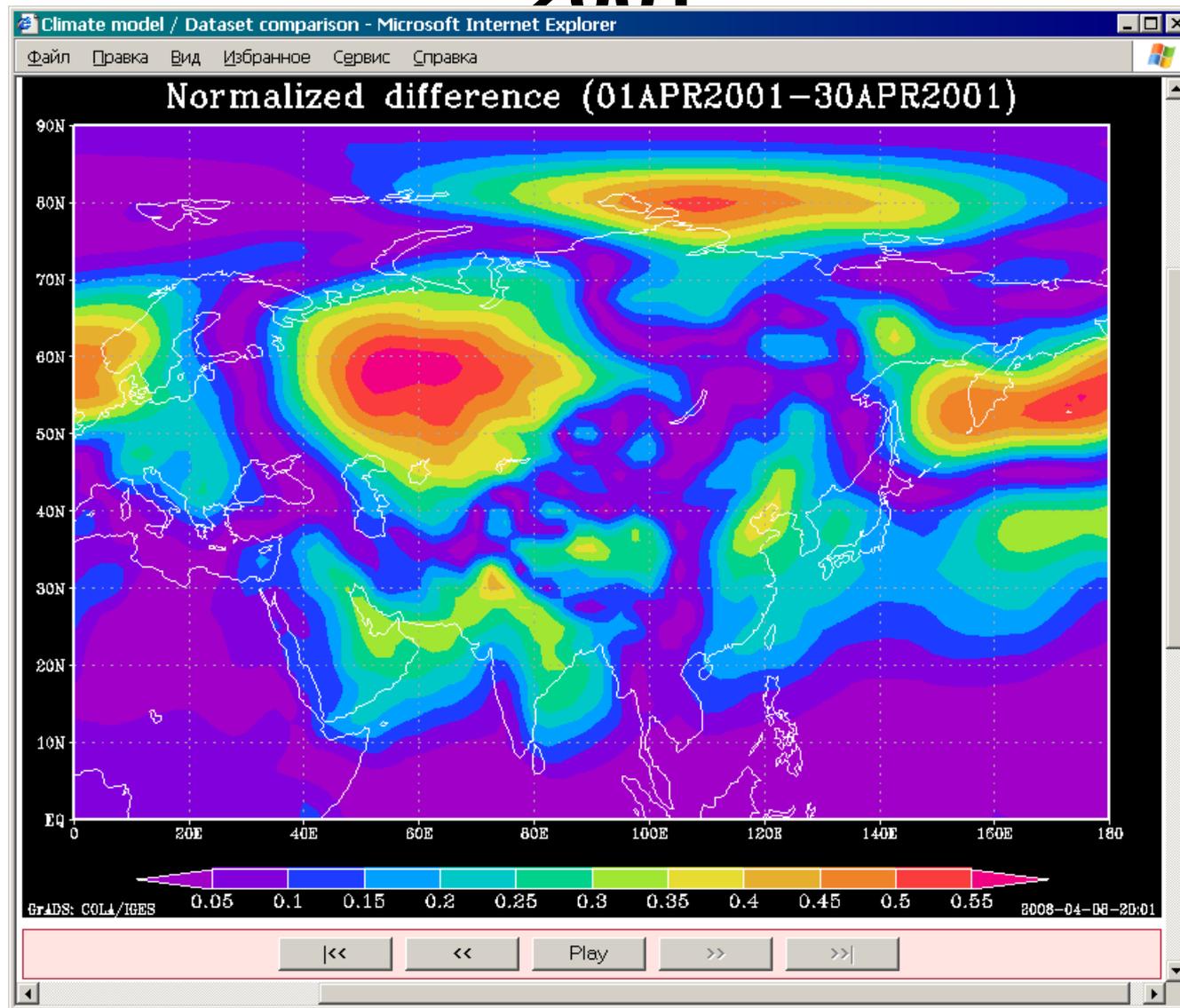


1979-1989, 2 набора данных

Возможность сравнения наборов данных

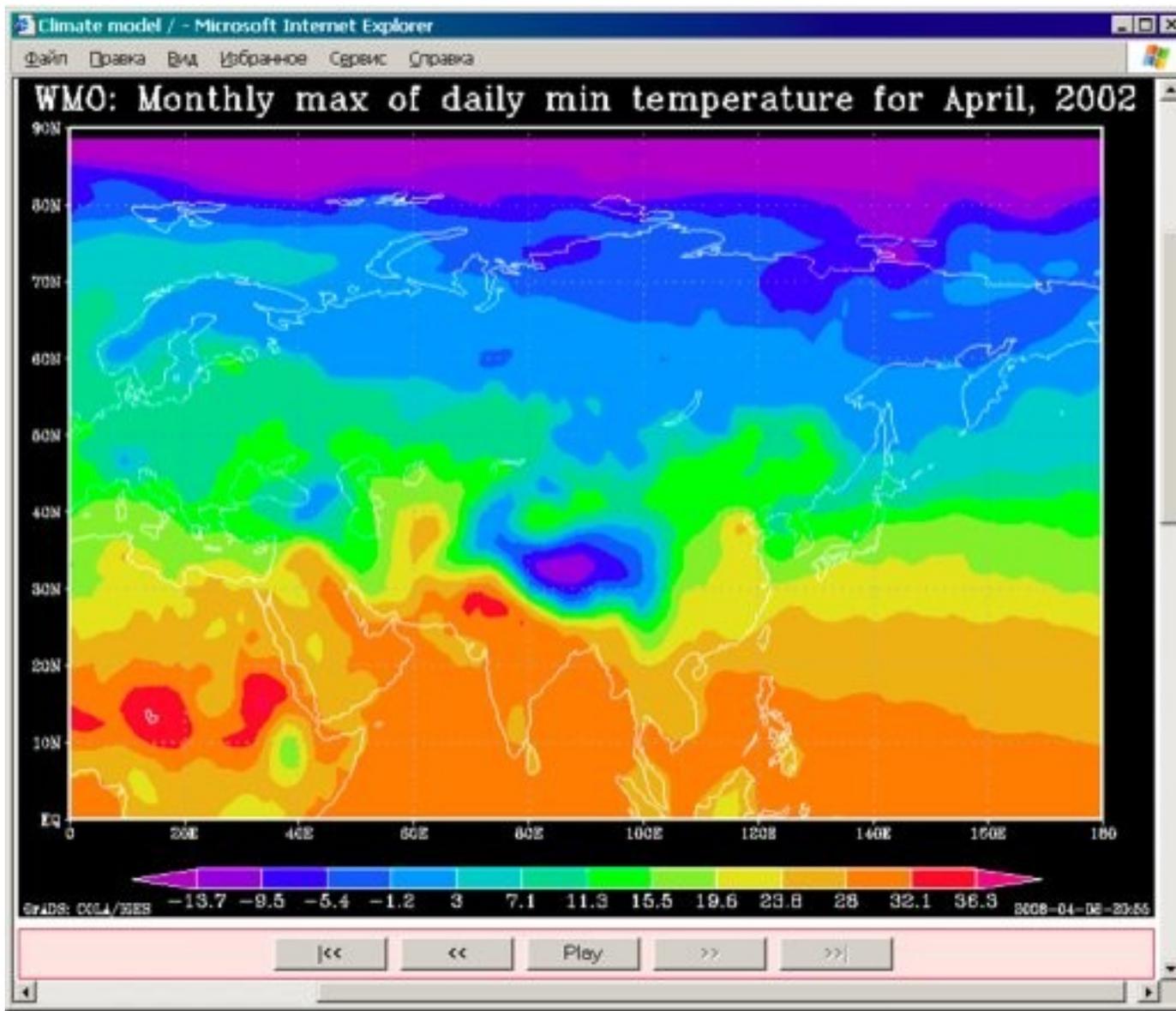
- Сравнение основных метеорологических и климатических характеристик
- Абсолютная разница: $AD = |b - a|$
- Нормированная разница :
 $ND = |(b-a)/a| * 100\%$

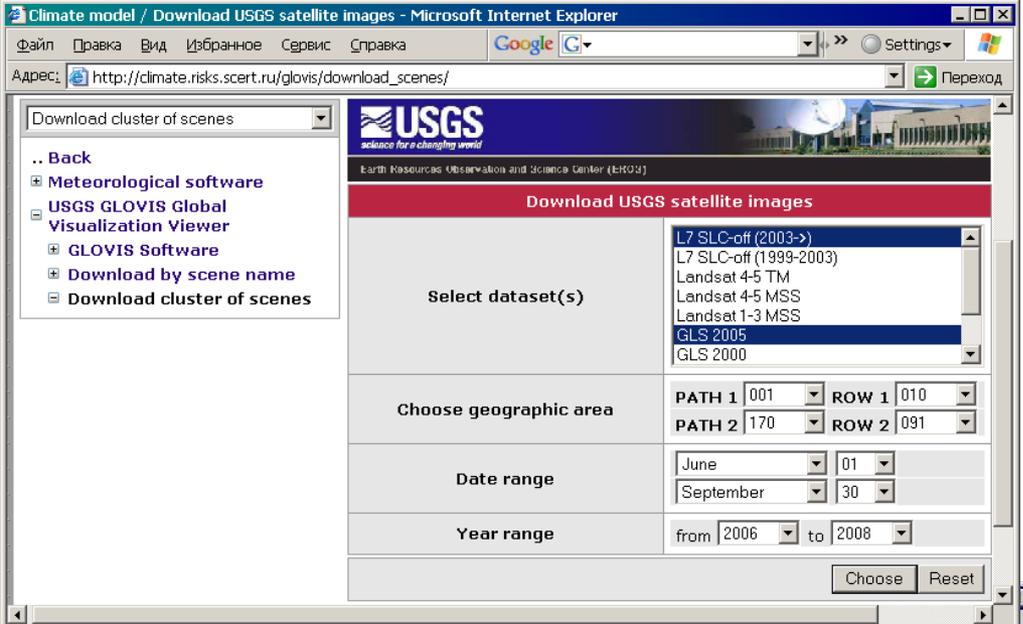
Нормированная разница для атмосферного давления, апрель, 1999 - 2001



Индексы изменения климата (Climate Change Indices)

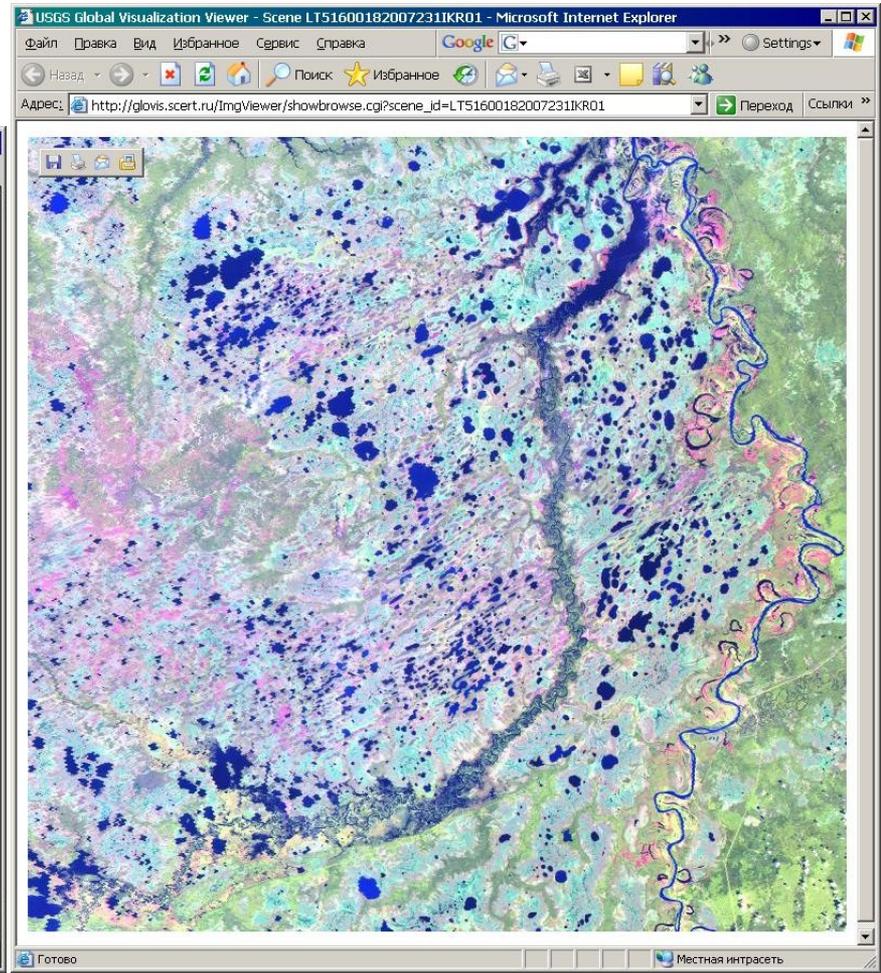
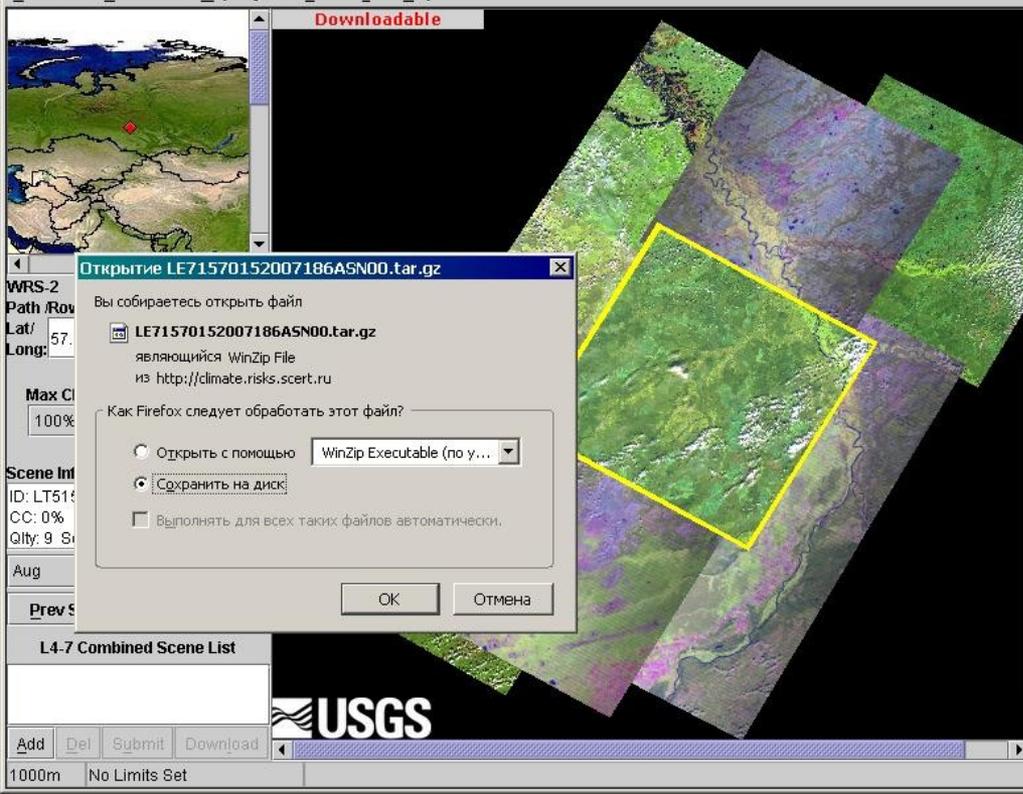
Максимальное значение минимальных средних дневных температур за
месяц





Система для распространения снимков Landsat (Сибирь)

Инициатива НАСА и USGS по раздаче снимков

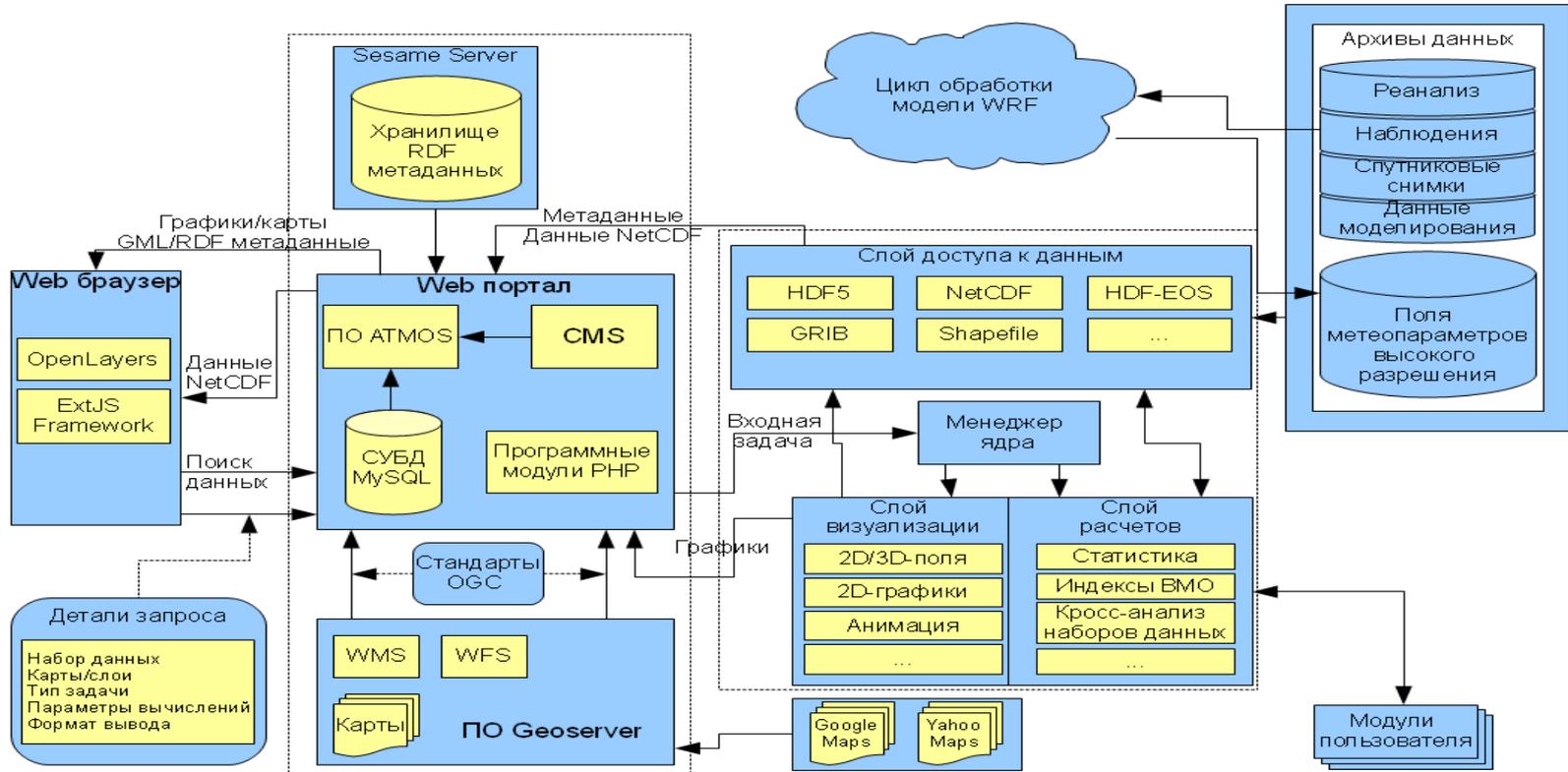


Новая веб-ГИС система CLIMATE:

- Унифицированный набор архивов геофизических данных (NetCDF/HDF5)
- Расширяемое модульное вычислительное ядро с поддержкой модулей пользователя
- Обработка 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
- Информационная поддержка интегрированных научных исследований в области наук о Земле
- Достоверность выполняемого анализа несмотря на разный уровень исследователей

ИВВГС КЛИМАТ

Общая архитектура



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
JavaScript-библиотека классов для реализации графического интерфейса

Наборы геофизических данных

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



Функциональность

Вычислительное ядро:

- Выполнение в среде ITTVIS IDL 7.0
- Управление через веб-интерфейс
- API для работы с архивами геофизических данных (доступ, поиск, выборка, предварительная обработка)
- Обработка данных Landsat
- Модули математической и статистической обработки данных
- Возможность подключения модулей пользователя
- Функции представления данных и результатов обработки в форматах NetCDF, XML, EPS, GeoTIFF и ESRI Shapefile

Базовые вычислительные модули:

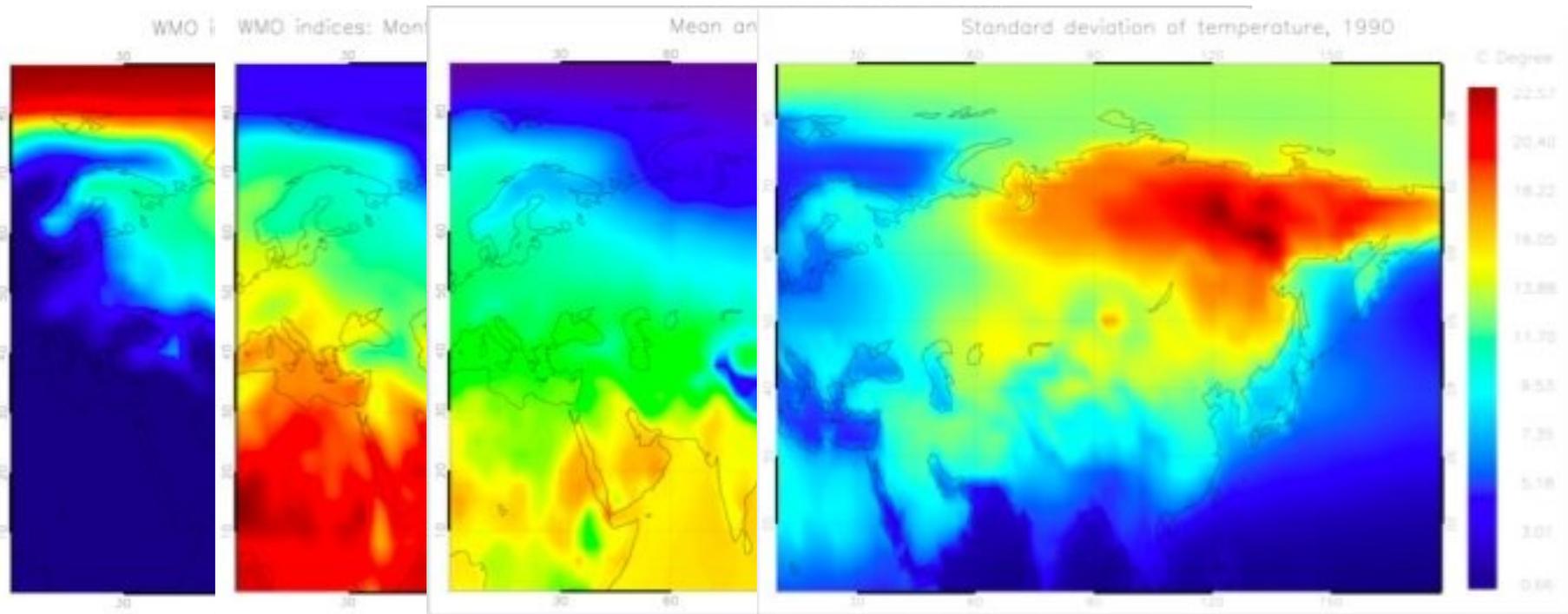
- Минимум/максимум, диапазон, средние, стандартное отклонение, дисперсия
- Индексы изменения климата: число морозных дней, продолжительность вегетационного периода, число дней с заморозками, месячный максимум/минимум дневного максимума/минимума температуры, число тропических ночей...

Функциональность

Веб-портал:

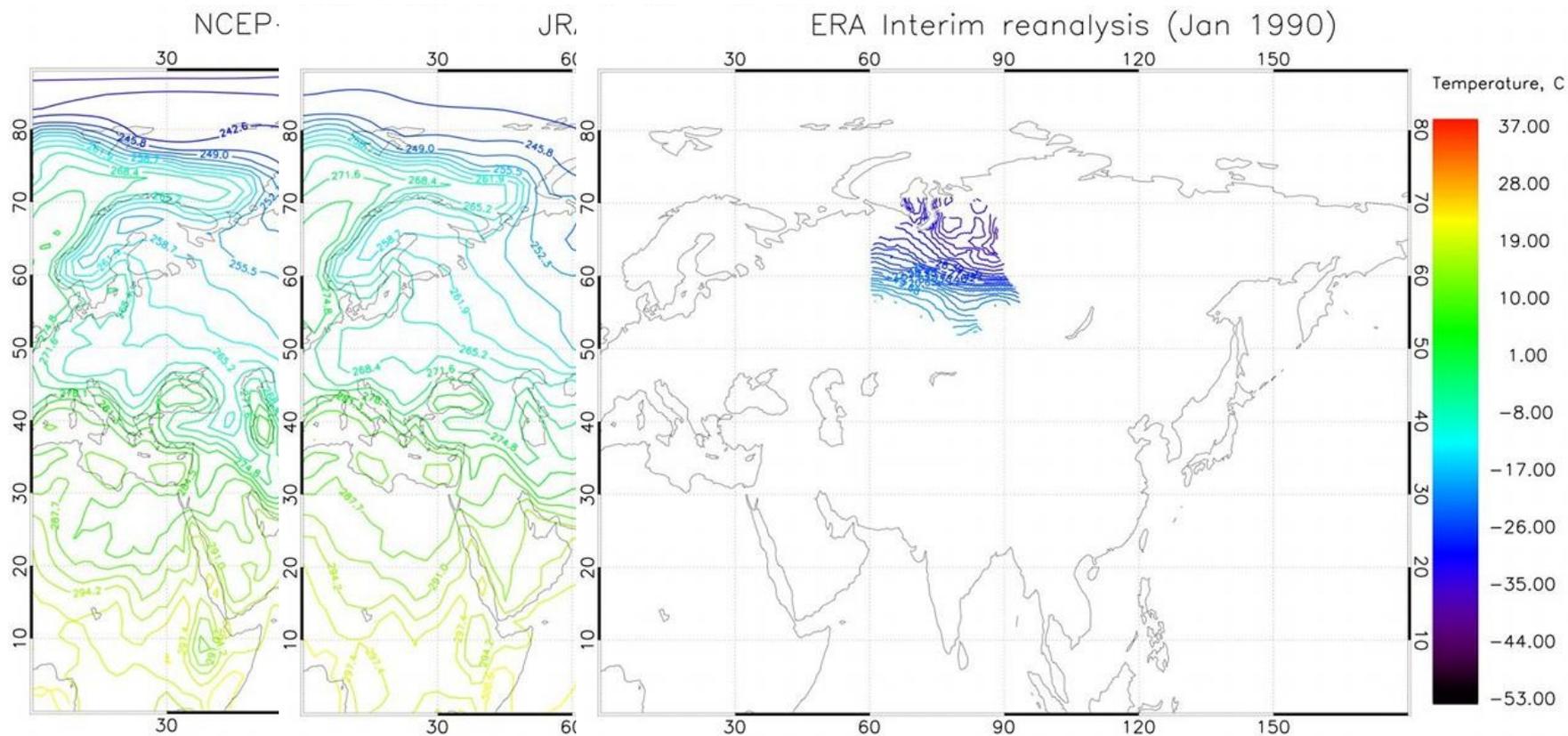
- Унифицированный программный интерфейс для разработки веб-приложений
- Обеспечение Веб-ГИС функциональности за счет интеграции с картографическими веб-сервисами (WMS, WFS) на базе ПО Geoserver (<http://geoserver.org/>)
- Масштабирование графических результатов вычислений
- Выбор географического диапазона, использование слоев
- Предоставление информации, связанной с географическим объектом
- Предоставления картографических легенд по WMS-запросу
- Функциональность для работы с RDF-метаданными, описывающими архивы данных, включая элементы семантического поиска по ключевым словам
- Библиотека для разработки графического интерфейса пользователя: GeoExt (ExtJS Framework + OpenLayers)

Примеры вычислений и представления результатов

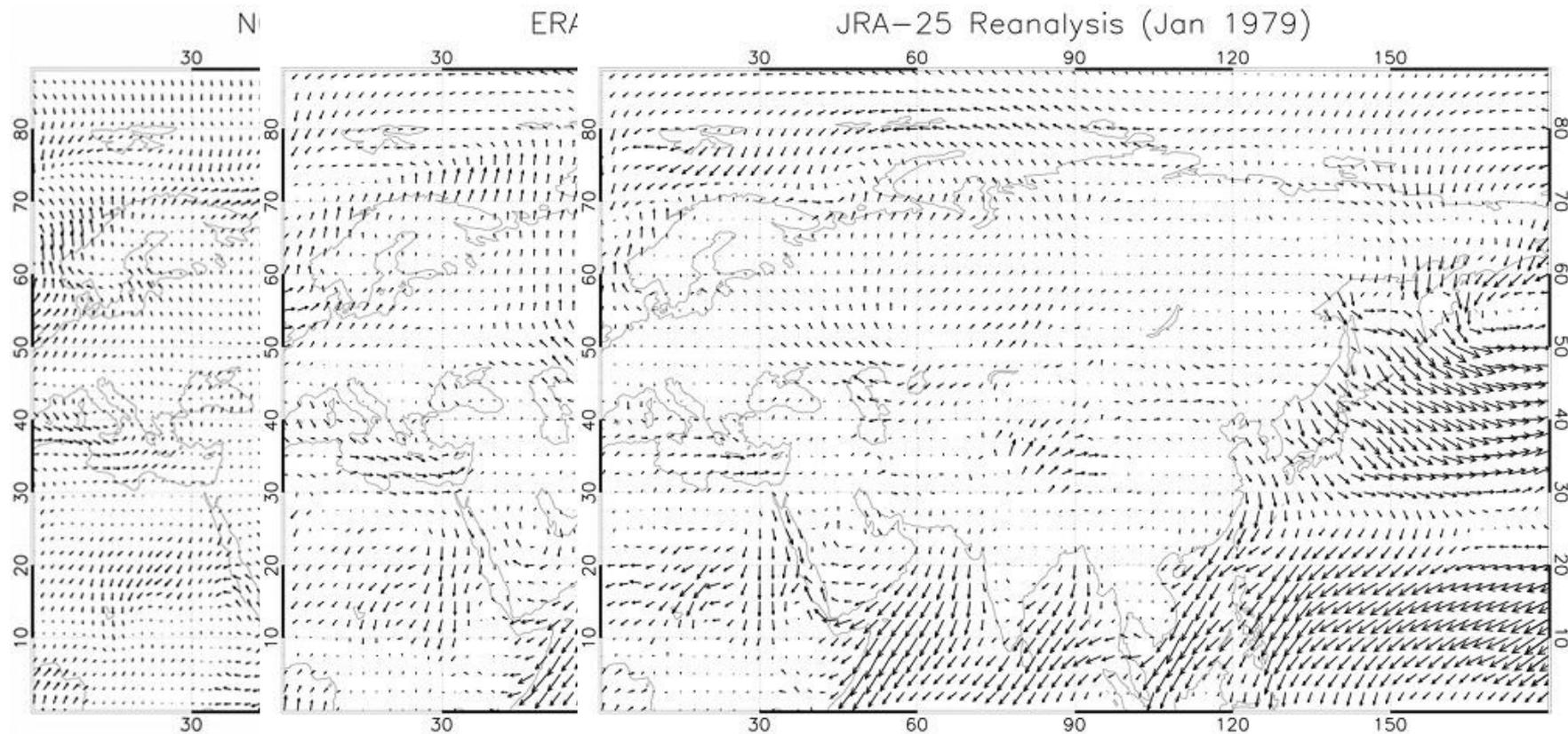


Индексы изменения климата: «Число дней с заморозками»,
«Месячный минимум дневной максимальной температуры», 1920г,
NOAA-CIRES Twentieth Century Global Reanalysis V.1
Среднегодовая температура воздуха,
стандартное отклонение температуры воздуха, 1990г, ECMWF ERA-40

Примеры вычислений и представления результатов



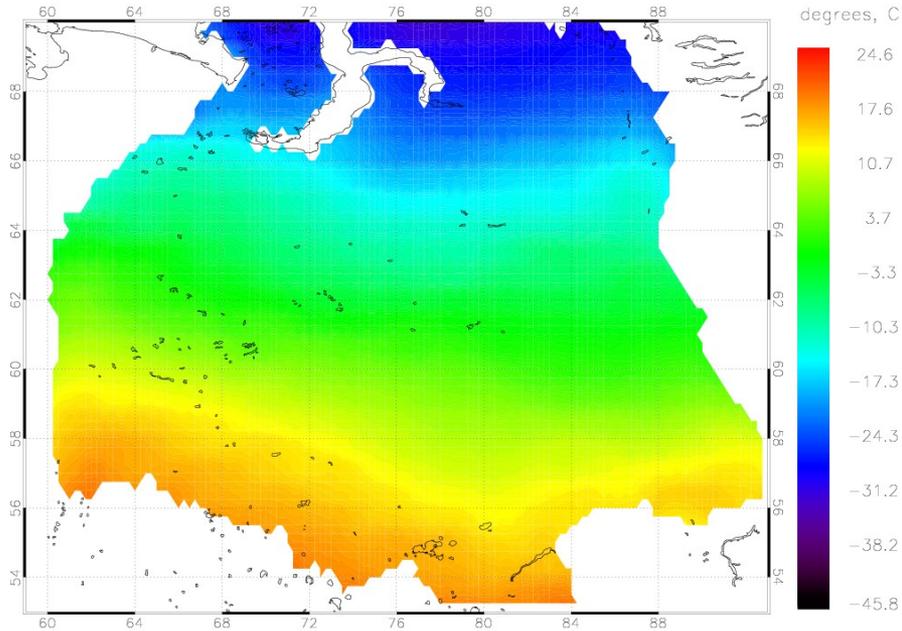
Примеры вычислений и представления результатов



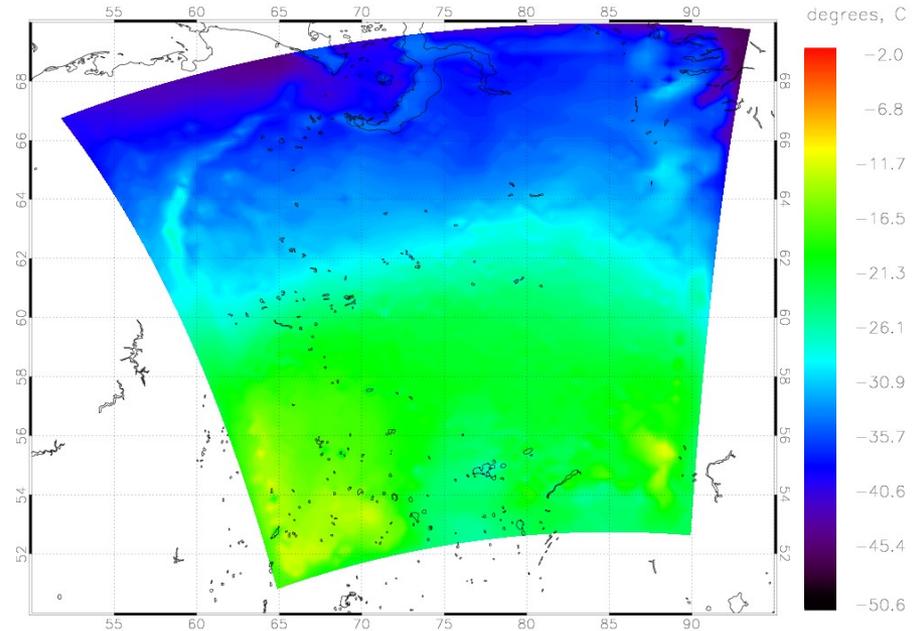
Скорость ветра, январь

Примеры вычислений и представления результатов

Average annual temperature at surface, 1990 (ERA Interim, Western Siberia)

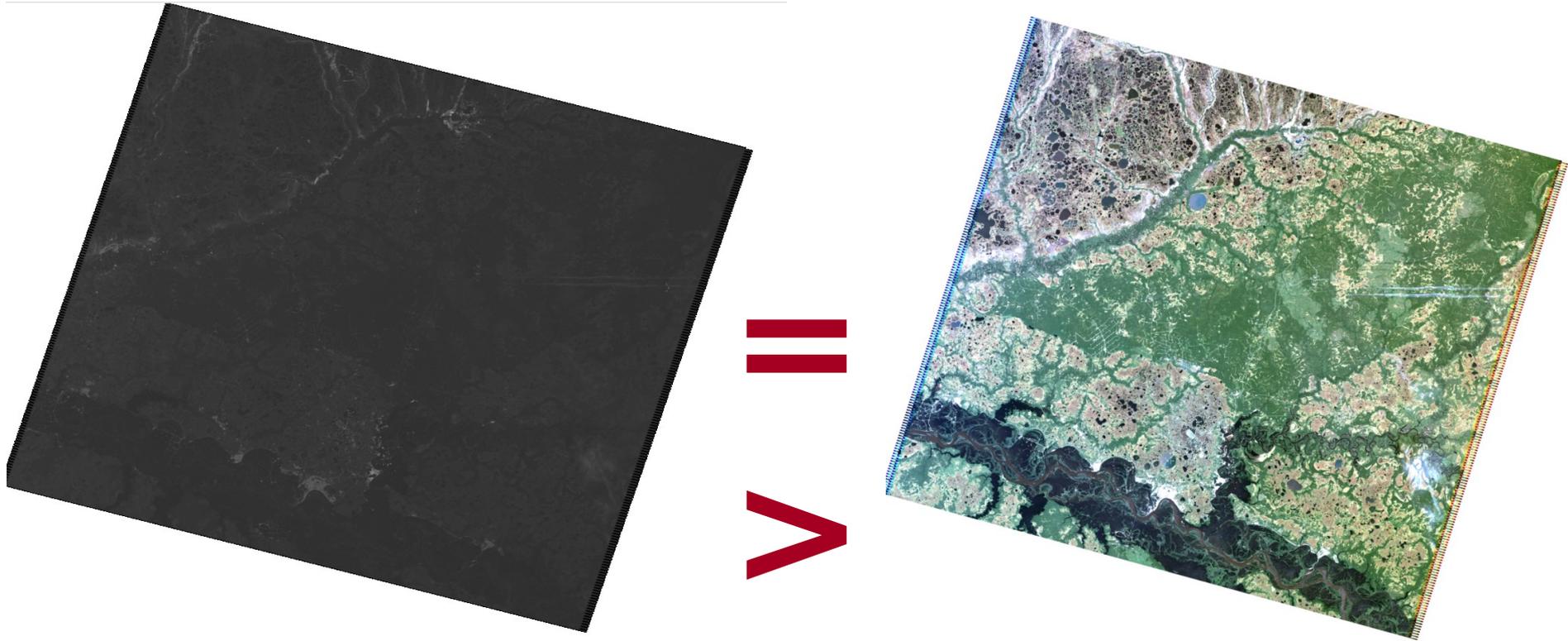


Average daily temperature at 2m, 2/2/1999 (WRF model output)



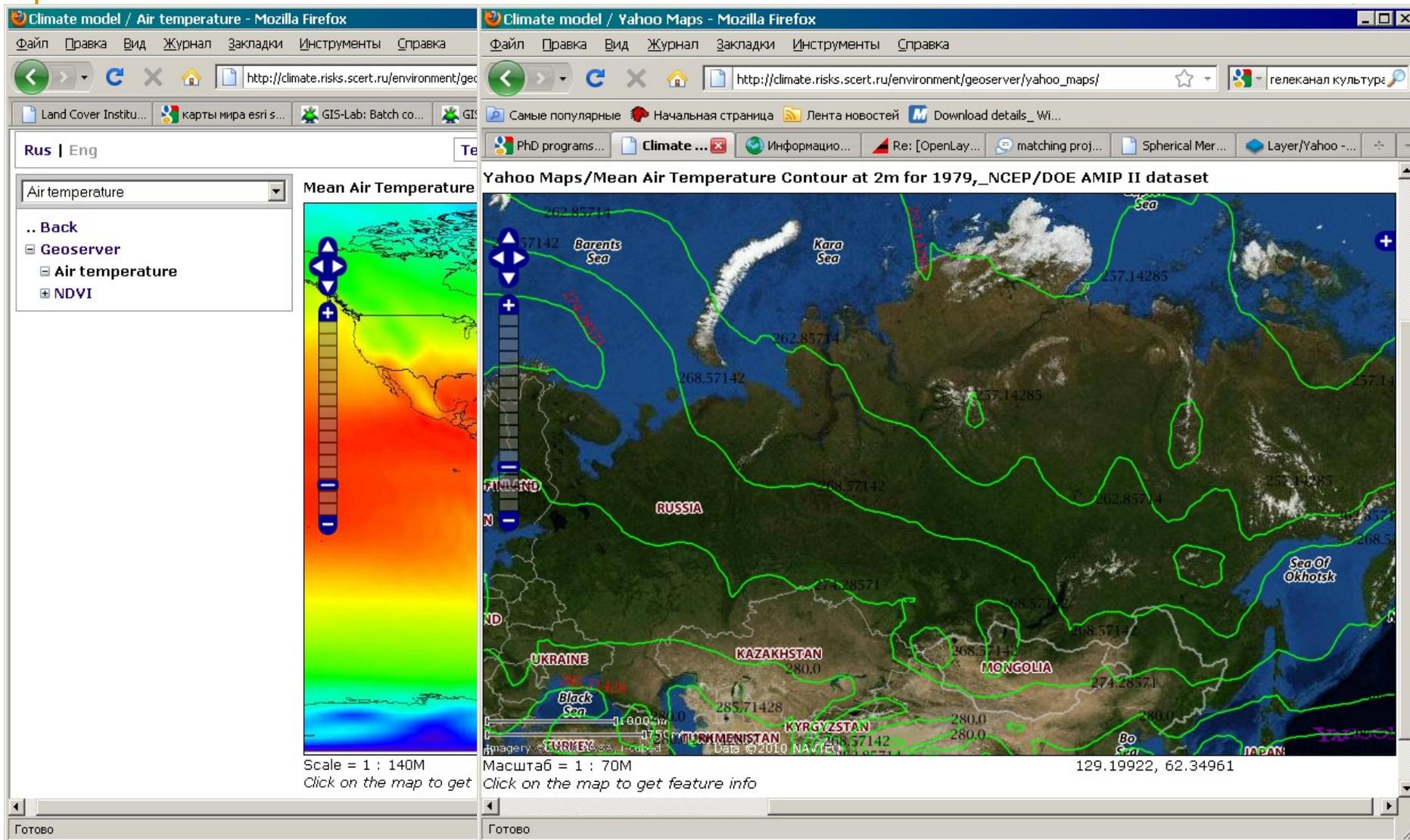
Среднегодовая температура воздуха у поверхности, 1990г., ECMWF ERA-Interim
Среднесуточная температура на 2 м, 2 фев. 1999 г., Модель WRF

Обработка спутниковых данных Landsat

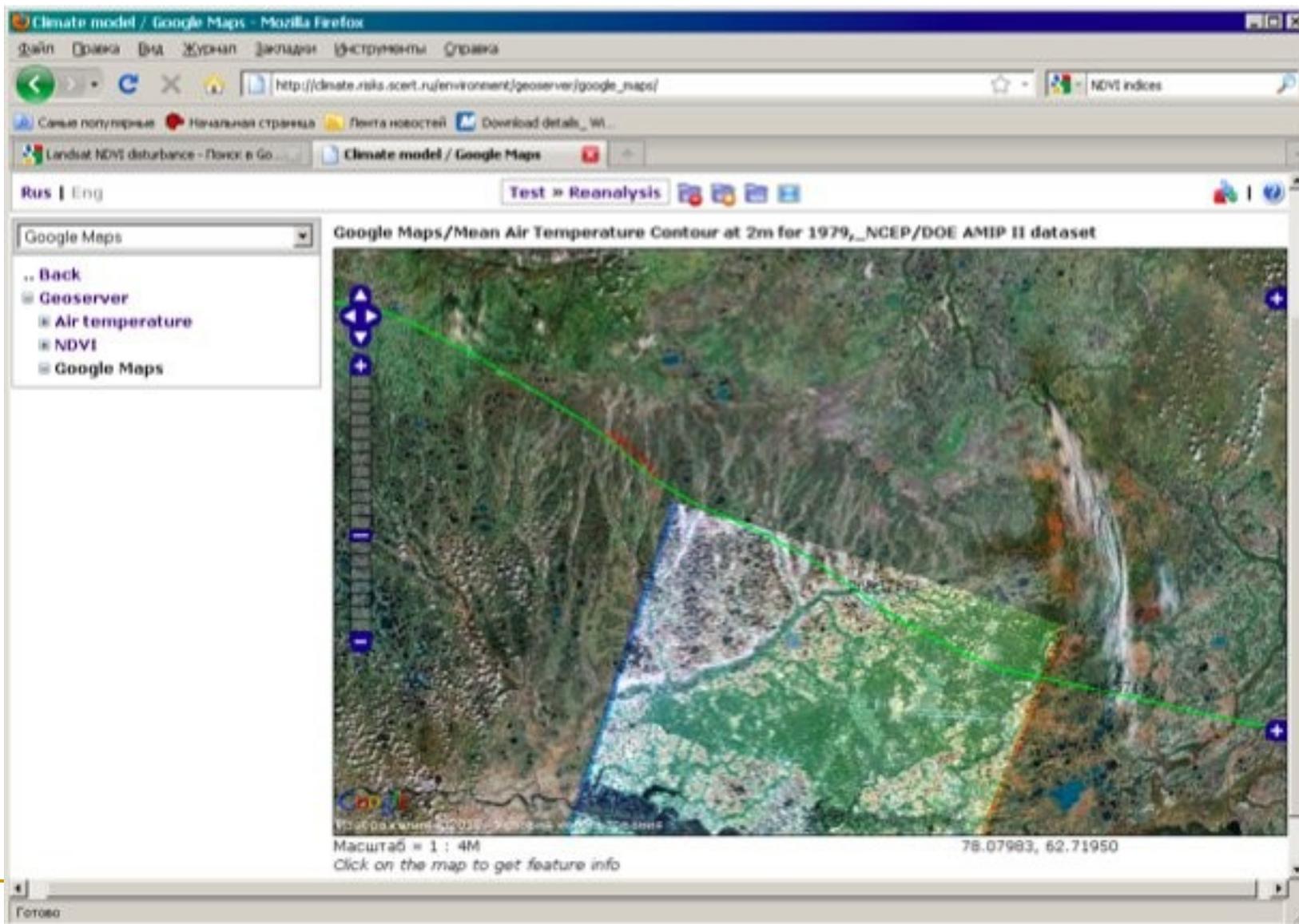


1. Изображение RGB (Рис.)
2. NDVI, EVI
3. ...

Визуализация средней температуры на высоте 2м, 1979



Использование слоев Google Maps и спутниковых снимков Landsat



Функциональность вычислительного модуля

Standard characteristics	Climate extreme indices	Indices controlling forest ecosystems
Sample mean, standard deviation of meteorological parameters	Maximum and minimum values of meteorological parameters	Growth season duration, first/last days of growth season
Moving mean with a given window width	Daily temperature range, Intra-annual extreme temperature range	Thaw days during cold season, Cold days during warm season
Number of days with meteorological value in a given range	Climate extreme indices concerning temperature and precipitation (WMO)	Selyaninov hydro-thermal coefficient

- Linear trend
- Statistical tests (Student, Fisher, Tau-Kendall)
- Correlation coefficients
- Datasets comparison

Результаты

Вычисления выполнены с помощью модуля ИВВГС.

Система позволяет выполнять интерактивный анализ и визуализацию без предварительной загрузки данных и их переформатирования.

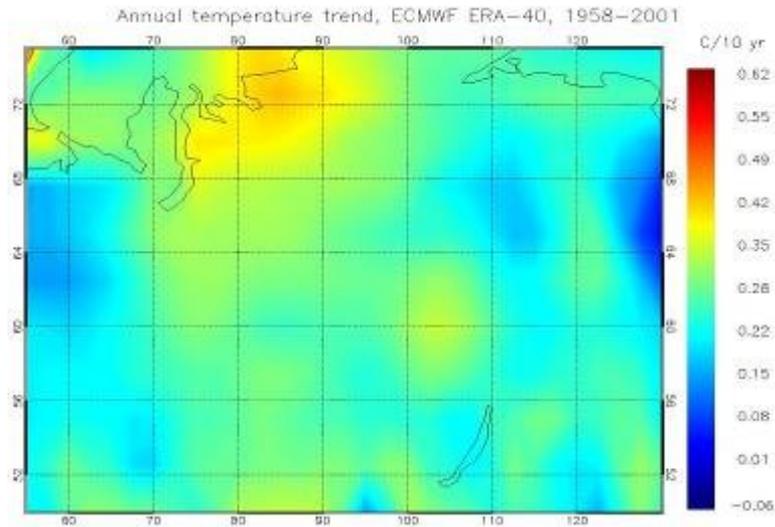
Помимо визуализации, результаты архивируются в файлах заданного формата, готовых для использования в приложениях.

Климатические характеристики: статистический анализ данных реанализа и наблюдений

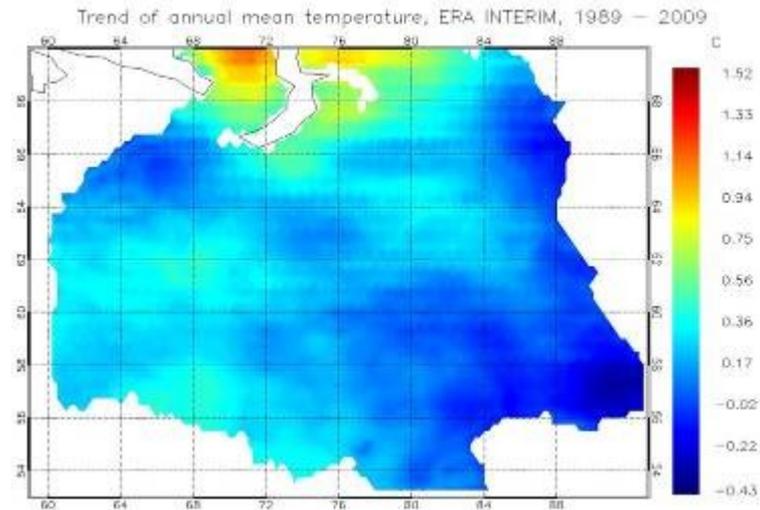
Исследование поведения температуры воздуха для территории Сибири в терминах следующих климатических характеристик

- 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

Реанализы



Annual mean temperature trend for 1958 – 2001 (ERA-40)



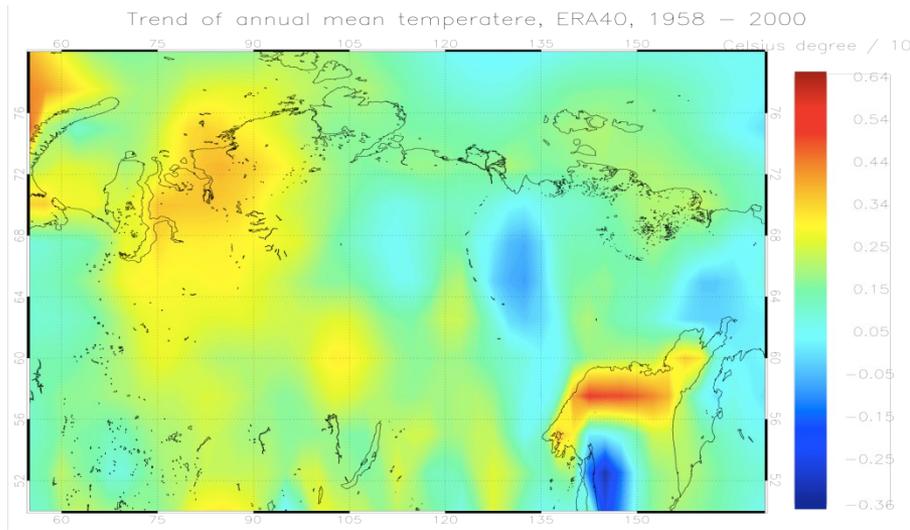
Annual mean temperature trend for 1989 – 2009 (ERA INTERIM)

ERA-40 (1958 - 2001) dataset revealed positive annual mean temperature trend (from 0.18 to 0,18 – 0,42 °C/10 years) with the most pronounced warming in the Northern regions of Siberia (0.3 – 0.42°C/10 years). As a whole, warming is the most pronounced in winter (0.5 – 0.75 °C/10 years) and in spring (0.5 – 0.6 °C/10 years).

ERA INTERIM dataset has shown more inhomogeneous pattern of temperature increase (0.25 – 0.55 °C/10 years) in the Northern and Western parts of West Siberia and its' decrease (up to –0.4 °C/10 years) in the south-east for 1989–2009.

Accelerated warming of the Northern part exists during the whole analyzed period ⁵⁹

Динамика температуры



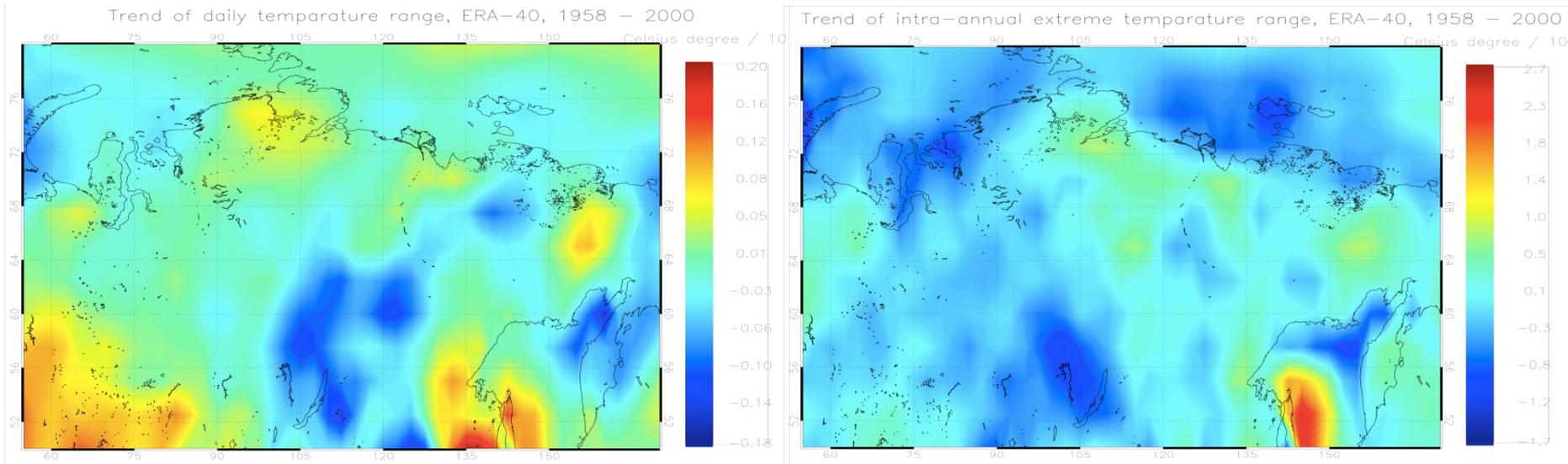
Тренд среднегодовой температуры:

- 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: $0.5-1.0^{\circ}\text{C}/10$ лет

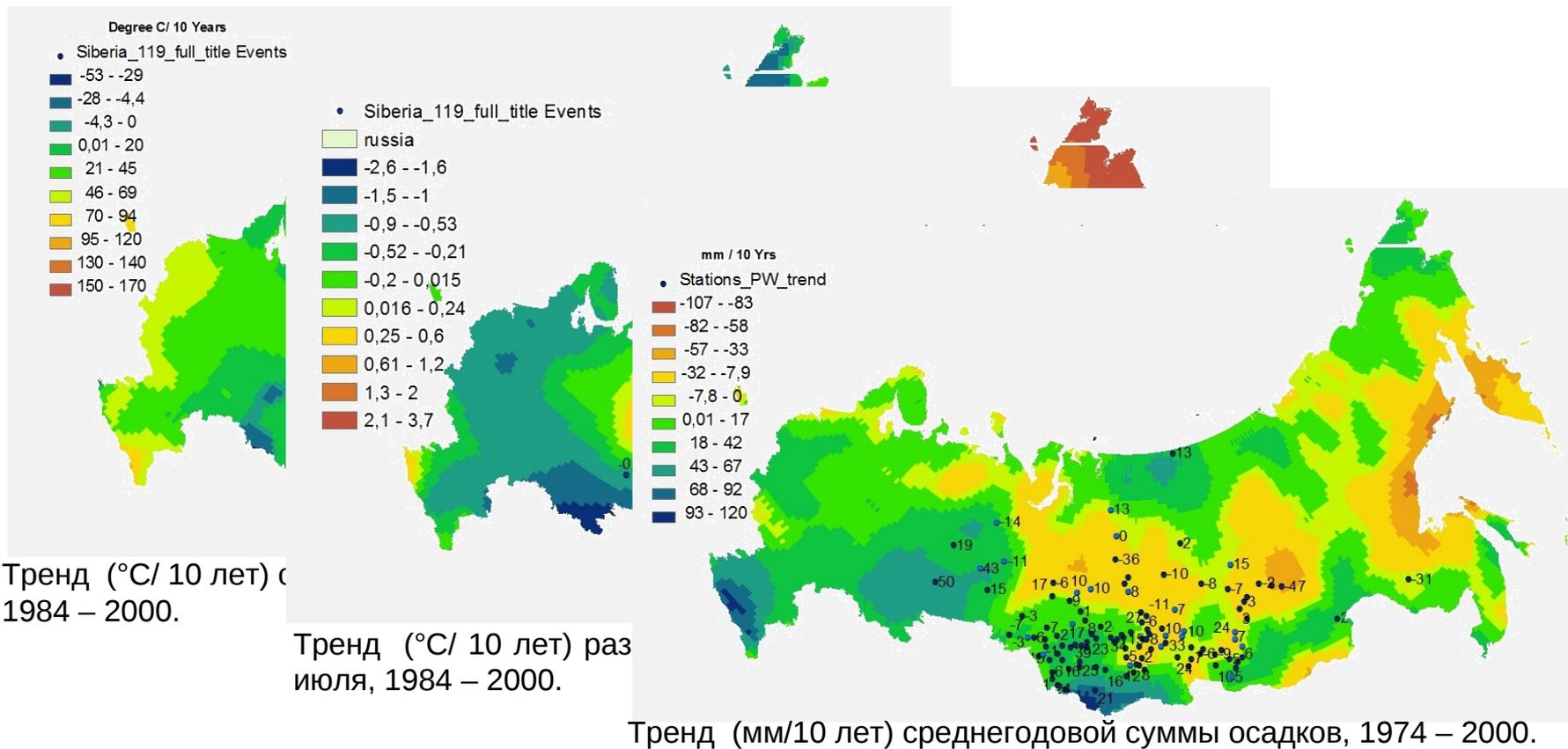
Климатические характеристики, контролирующие развитие сибирских лесных экосистем

Динамика климатических индексов, определяющих развитие лесных экосистем в Сибири за период 1974 - 2000 г.г.

Характеристики:

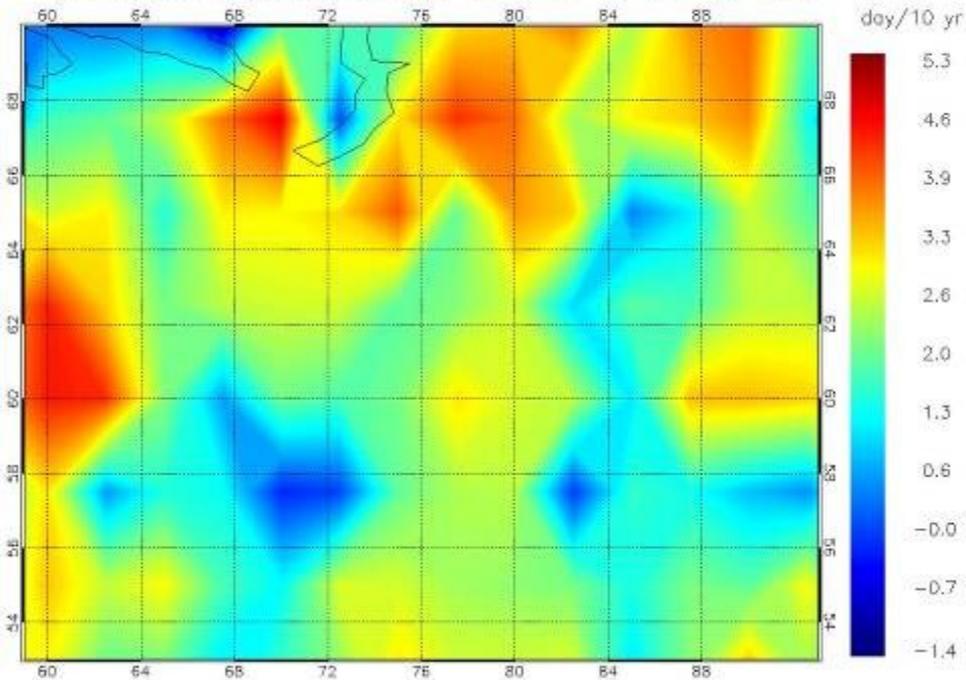
- средняя температура за год, сезон, месяц
- сумма температур $> 5^{\circ}\text{C}$ и длина вегетационного периода
- сумма осадков за год; продолжительность холодного и теплого периодов года
- амплитуда значений температуры воздуха

Динамика климатических индексов

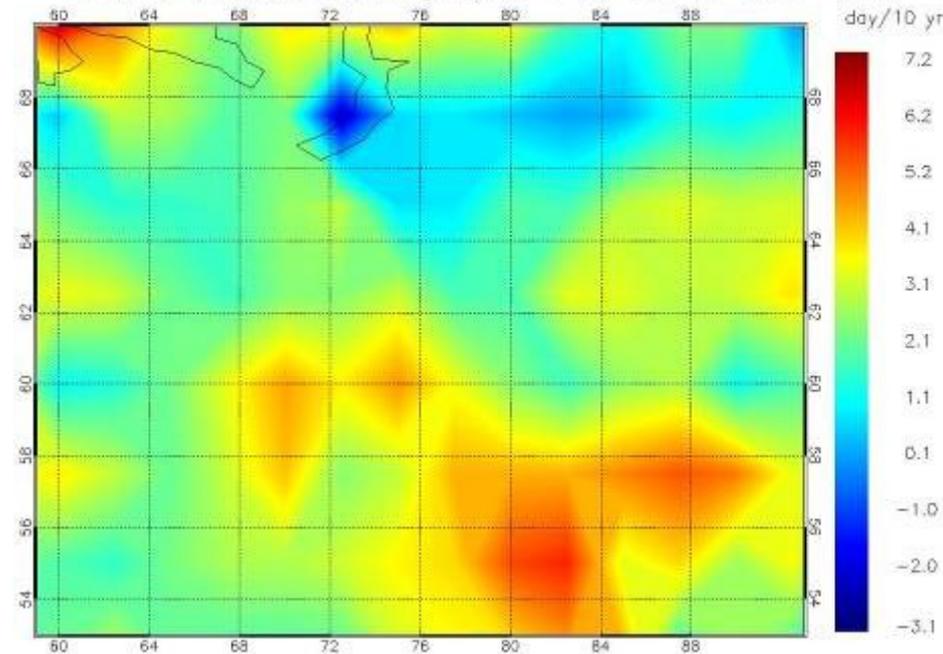


Динамика длительности вегетационного периода: средняя дневная температура выше 5 °C (слева) и 10 °C справа), of ERA-40 Reanalysis 1958 – 2002.
В обоих случаях умеренный рост длительности (2-4 дня за 10 лет, в среднем).

Trend of growing season length (dT > 10 C), ERA 40, 1958 – 2001



Trend of growing season length (dT > 5 C), ERA 40, 1958 – 2001

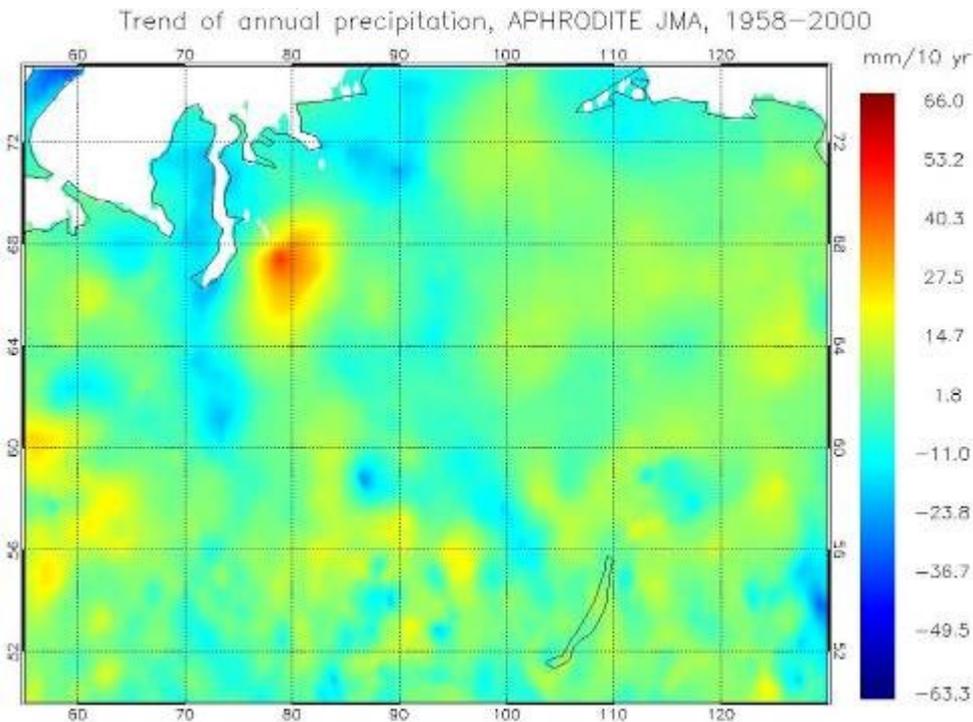


Тренд длительности
вегетационного периода ($t > 5 \text{ }^\circ\text{C}$)

Тренд длительности вегетационного
периода ($t > 10 \text{ }^\circ\text{C}$)

Тренды осадков меняются от 11 мм/10 лет до 16 мм/10 лет.
Рост осадков в Северной Сибири (слева) 30 мм/10 лет в основном зимним
месяцам (ноябрь апрель, до 27.3 мм/10 лет) и второй половине теплого сезона
(август-октябрь, до о 15 мм/10 лет.

Метеостанции дают подобную картину. Уменьшение осадков в центре Сибири (12
станций выделенных голубым цветом), остальные станции дают положительный
тренд до 17 мм/ 10 лет.



Тренды осадков. APHRODITE JMA

Тренды осадков
Наблюдения на 62 метеостанциях.⁶⁵

Заключение

- Для получения надежных метеополей нужна межведомственная программа создания регионального Реанализа, нужны данные региональных метеостанций!
- Создаваемая ИВВГС КЛИМАТ позволяет эффективно работать с большими архивами метеоданных
- Проведенный анализ подтвердил сообщавшиеся ранее тенденции динамики регионального климата и позволил существенно уточнить локализацию и степень неоднородности недавних климатических изменений в регионе

Возможный путь развития подхода:

- создание в крупных центрах больших хранилищ данных и тематических веб-ГИС ИВС
- ИВС – предметная энциклопедия/учебник



Спасибо за внимание!

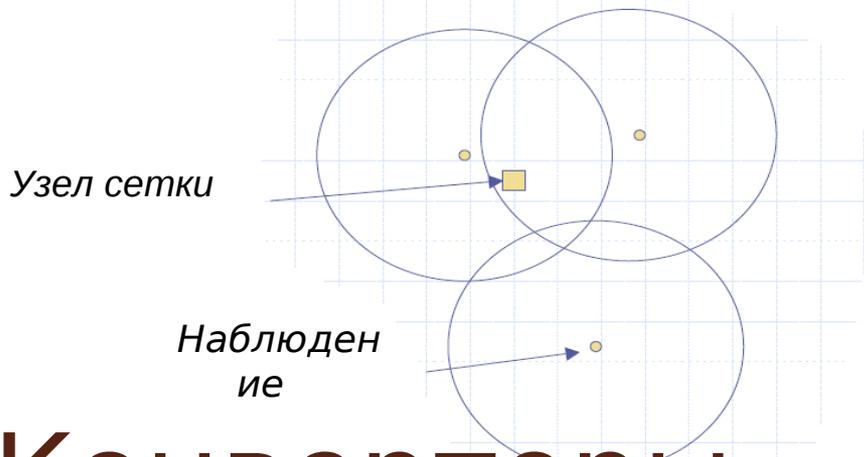
Методология

- Локализация WRF ARW модели на исследуемой области: **Выбор домена. Оценка влияния граничных условий на формирование полей.**
- Настройка флагов и параметризаций: **микрофизика- Схема Томпсона**, для длинноволнового излучения- RRTM, для коротковолнового излучения- схема Дудхия, **для приземного слоя- Eta модель**, **для земного слоя- NOAH модель**, для планетарных граничных условий- схема Мело-Ямада, схема для параметризации кучевых облаков- схема каина –Фритча. (подборка подходящей диффузионной схемы, микрофизики и граничных условий)
- Валидация: **сравнение с данными стационарных измерений, (месячного хода и осредненных величин).**
- Организация работы модели на различных архивах данных: **Era-40, Jra -25, Reanalysis -2 NCEP**
- Настройка и отладка работы модели в параллельном режиме: запуск модели с применением библиотек openMP на 8 ядерной машине
- Расчет полей метеовеличин на исторический период с **1990 по 2000** год
- **Усвоение данных стационарных измерений, решение проблемы запуска модели на долгий промежуток времени**

Физические опции и схемы

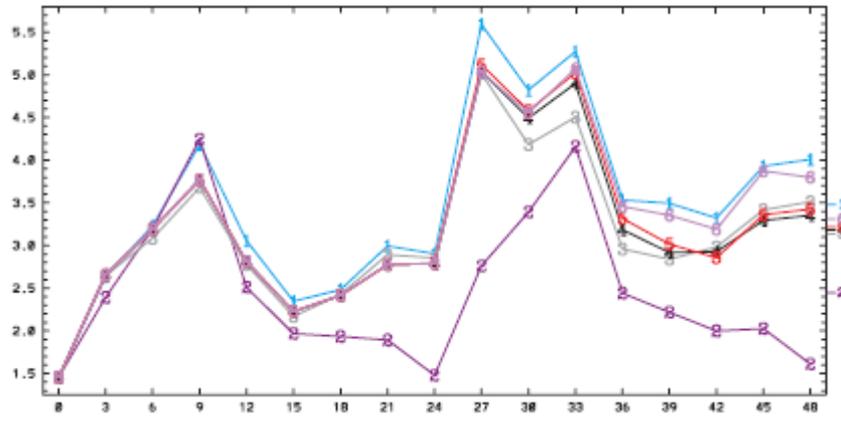
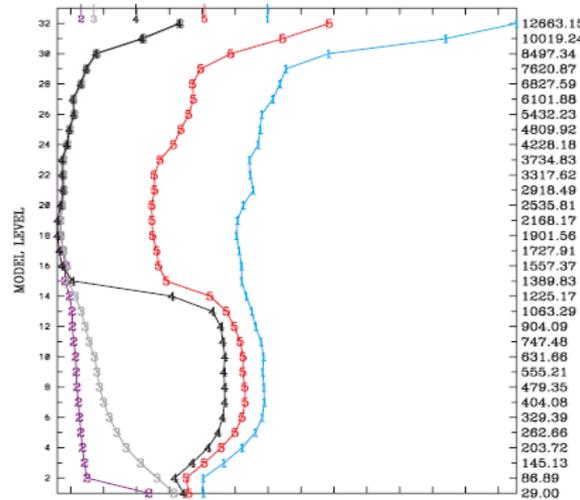
- **11 схем для микрофизики** (схема Кеслера, схема Лина, одномоментная WRF схема 3 го класса, одномоментная WRF схема 5 го класса, NCEP схема, одномоментная WRF схема 6 го класса, схема Годдарда, схема Томпсона, двух моментная схема Мориса, двух моментная WRF схема 5 го класса, двух моментная WRF схема 6 го класса);
- **4-и схемы для длинноволнового излучения** (RRTMG схема, GFDL схема, CAM схем, RRTM схема);
- **5 схем для коротковолнового излучения** (схема Дудхия, схема Годдарта для коротковолнового излучения, GFDL для коротковолнового излучения, CAM для коротковолнового излучения, RRTMG для коротковолнового излучения);
- **5 схем для поверхностного слоя** (схема MM5 модели, схема ETA модели, схема Плейма-Хью, схема QNSE, схема MYNN),
- **4-и модели подстилающей поверхности** (модель Noah, модель RUC, модель Плейма-Хью, модель XCEC);
- **9 схем планетарного пограничного слоя;**
- **2 схемы для диффузии** (схема горизонтальной диффузии 6 го порядка);
- **18 опций для диффузии;**
- **5 типов боковых граничных условий.**

Усвоение данных стационарных измерений: анализ методов, подготовка и конвертирование входных данных.



Конверторы

Station Date	Time	SeaPress	StPress	Temperat	VapPress
22200036034	01.01.1936	193601010235	1041,3	1012,2	-17,6 1,2
22200036034	01.01.1936	193601010835	1041,3	1011,7	-15,4 1,3
22200036034	01.01.1936	193601011435	1040,1	1011,5	-13,6 1,5
22200036034	01.01.1936	193601012035	1039,8	1011,4	-12,9 1,9
22200036034	02.01.1936	193601020235	1037,9	1009,7	-12,6 1,7
22200036034	02.01.1936	193601020835	1035,8	1007,5	-13,1 1,6
22200036034	02.01.1936	1936010214			
22200036034	02.01.1936	1936010221	200101414000		
22200036034	05.01.1936	1936010302	15.90	-98.70	
22200036034	05.01.1936	1936010306			ALL-SFC FROM NUDAS-FSL NAGTIME
22200036034	05.01.1936	1936010314			D. F F 1
22200036034	05.01.1936	1936010314	101250.000	0.000	-888888.000 -888888.000 0.000 400000.000 100.000 10.000 -0.231 10.000 -3.591 10.000 7
22200036034	05.01.1936	1936010321			
22200036034	04.01.1936	1936010402	200101414000		
22200036034	04.01.1936	1936010402	16.90	-96.70	
22200036034	04.01.1936	1936010414			ALL-SFC FROM NUDAS-FSL NAGTIME
22200036034	04.01.1936	1936010421			D. F F 1
22200036034	05.01.1936	1936010502	101250.000	0.000	-888888.000 -888888.000 0.000 400000.000 101.000 8.000 -0.702 10.000 1.872 10.000 7
22200036034	05.01.1936	1936010506			
22200036034	05.01.1936	1936010514	200101414000		
22200036034	05.01.1936	1936010521	17.50	-98.50	
22200036034	05.01.1936	1936010521			ALL-SFC FROM NUDAS-FSL NAGTIME
22200036034	05.01.1936	1936010521			D. F F 1
22200036034	05.01.1936	1936010521	101250.000	0.000	-888888.000 -888888.000 0.000 400000.000 100.000 9.000 2.897 10.000 -0.776 10.000 7
22200036034	05.01.1936	1936010521			
22200036034	05.01.1936	1936010521	27.83	-97.05	
22200036034	05.01.1936	1936010521			ALL-SFC FROM NUDAS-FSL NAGTIME
22200036034	05.01.1936	1936010521			D. F F 1
22200036034	05.01.1936	1936010521	101940.000	0.000	-888888.000 -888888.000 0.000 400000.000 102.000 8.000 -0.535 10.000 1.447 10.000 7
22200036034	05.01.1936	1936010521			
22200036034	05.01.1936	1936010521	10.26	-100.57	



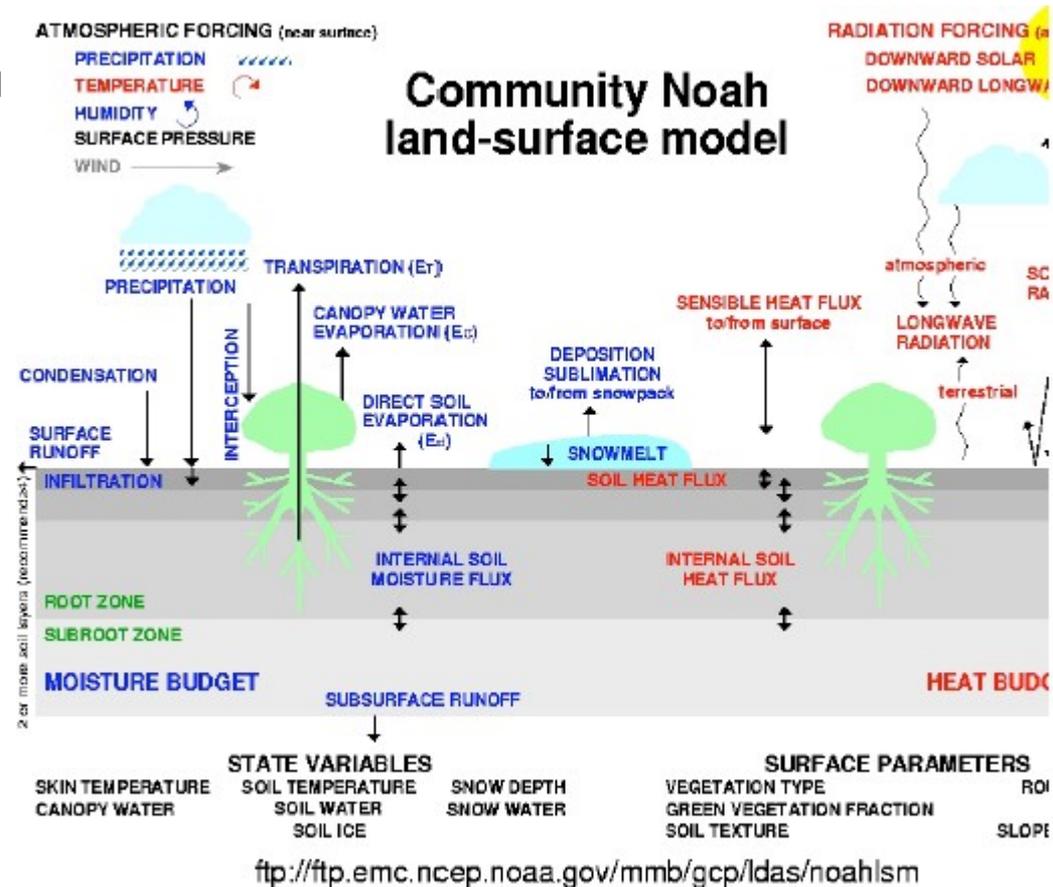
Aijun, D. David, R., and D. R. Stauffer, 2004: ANALYSIS NUDGING FDDA IN WRF-ARW *Appl. Meteor.*, **43**, 1864-1886.

Формат. Исследуемая область. Разрешение. Начальные и граничные условия

- Данные хранятся в формате NetCDF
- Западная Сибирь С.-Ю. 2500 км З.-В. 2000 км
- Пространственное разрешение 20 км (во вложенных областях 10 км)
- Временной шаг полей 6 часов
- Исторический период 1990-2000
- ERA 40 + ERA 40 Interim (Surface)
- Данные NCEP
- Карта типов землепользования **USGS (24 типа)**
- Валидируемые переменные в приземном слое: температура, скорость ветра, водяной пар

Ноah модель подстилающей поверхности (NCEP)

- Приземный энергетический баланс
- Аккумуляция воды
- Испарение
- Многоуровневая модель почвы (диффузия, накопление тепла для различных почвенных текстур)
- Процессы замерзания
- Одноуровневая модель снежного покрова и его распределения
- Влияние неоднородного снежного покрытия на приземные потоки



- Noah LSM tested in various land-surface mode intercomparison projects, e.g., PILPS 2a, 2c, 2d, GSWP 1 & 2, Rhone, DMIP, GLACE.

Анализ имеющихся карт типов землепользования

- USGS с пространственным разрешением: *55 км, 18.5 км., 9.25 км., 3.75 км., 0.925 км.*

24 – типа землепользования

Land Use and Land Cover Characterization within Air Quality Management Decision Support Systems: Limitations and Opportunities. Maudood N. Khan, William L. Crosson. February 2007

- Данные MODIS для модели подстилающей поверхности NOAH с пространственным разрешением: *0.925 км.*

20 – типа землепользования