

# **Этюд о вычислительных технологиях и моделировании на факультете ВМК**

Обзор деятельности лишь одной (!) из 20 кафедр факультета ВМК

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

**Факультет ВМК комнаты 589 и 596**

<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

t.me/vtmmsuchair

С особой благодарностью коллегам по кафедрам ВТМ,  
ВТМГБ МФТИ и ИВМ РАН за помощь в подготовке слайдов!

# Лирическое и историческое отступление



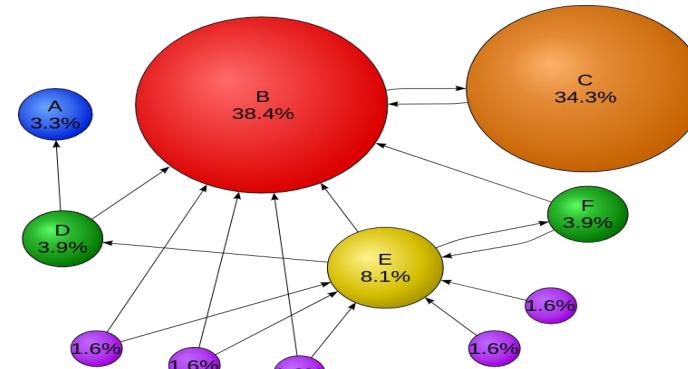
Триада: модель – алгоритм – программа

# Пример задачи: ранжирование страниц в интернете

Пусть дана система страниц / научных статей, между которыми есть ссылки друг на друга.

- Можно ли упорядочить эти страницы по авторитетности?
- Как построить уравнение этого “упорядочения”?
- Как доказать, что упорядочение всегда существует, единственno, и не зависит от нашего упорядочения страниц?

*Ответы на эти вопросы дали Сергей Брин и Ларри Пейдж в 1996 году.*



Что им потребовалось?

- Глубокое знание разделов математики: математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей, дискретной математики, численных методов,
- Инженерные навыки: умение “отобразить” алгоритм на архитектуру компьютера и провести вычисления эффективно.

**Всему этому (и чуть больше) учат на факультете ВМК**

# Некоторые направления исследований по матричным и тензорным методам

Алгоритмы построения и вопрос поиска “хороших” матриц

$$\begin{bmatrix} \text{---} \\ A \\ \text{---} \end{bmatrix}_{m \times n} = \begin{bmatrix} \text{---} \\ \widehat{C} \\ \text{---} \end{bmatrix}_{m \times r} \widehat{A}^{-1} \begin{bmatrix} \text{---} \\ \widehat{R} \\ \text{---} \end{bmatrix}_{r \times n}$$

good submatrix

Результатов: примерно 89 200 (0,31 сек.)

How to find a good submatrix

SA Goreinov, IV Oseledets, ... , V. Olshevsky and E. ..., 2010 - books.google.com  
Abstract. Pseudoskeleton approximation and some other problems require the knowledge of sufficiently well-conditioned submatrix in a large-scale matrix. The quality of a submatrix can be measured by modulus of its determinant, also known as volume. In this paper we discuss

Цитируется: 89 Похожие статьи Все версии статьи (3) Цитировать Сохранить

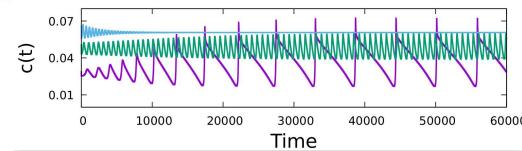
A good submatrix is hard to find

JJ Bartholdi - Operations Research Letters, 1989 - Elsevier  
Abstract. A matrix  $A$  is said to have a *good column, row, or arbitrary submatrix* that satisfies property  $\pi$ , where  $\pi$  is nontrivial, holds for permutation matrices, and is hereditary on submatrices. Such properties include totally unimodular, transformable to a network.

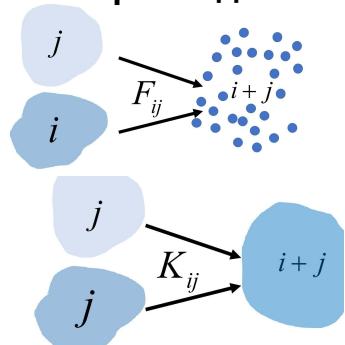
Цитируется: 36 Похожие статьи Все версии статьи (2) Цитировать Сохранить



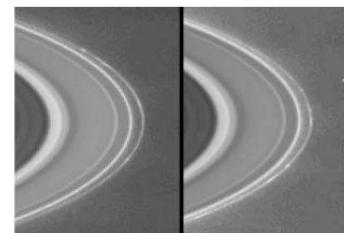
## Исследования причин устойчивости тензорных разложений к шуму



## Использование матриц и тензоров малого ранга для исследований кинетики агрегации



Team sheds light on the mysteries of Saturn's rings  
January 29, 2018, Skolkovo Institute of Science and Technology

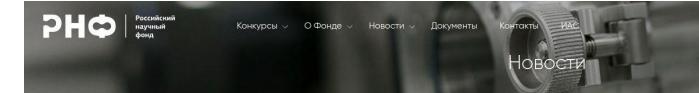
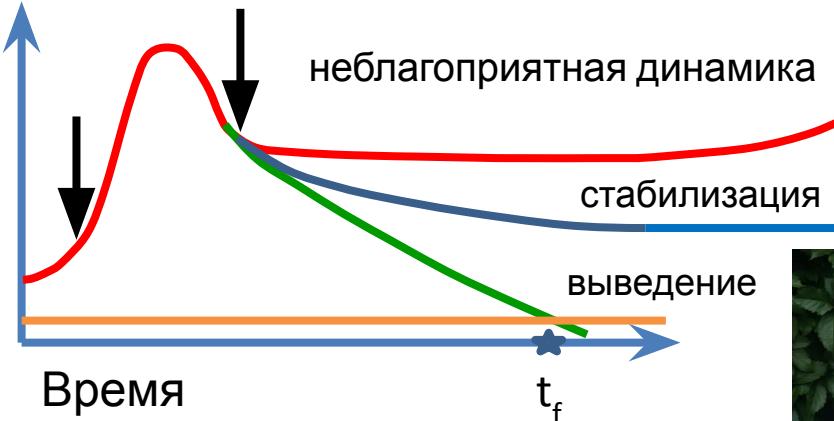


Saturn's rings clumps Credit: NASA/JPL/Space Science Institute

# Математика и ответы на вопросы о здоровье

Вирусная  
нагрузка

Задача оптимизации лечения



26 сентября, 2022 — 13:17

Ученые предложили новую концепцию лечения ВИЧ-инфекции

Источник: пресс-служба РНФ

Разрабатываются стратегии лечения хронических вирусных инфекций, например, вызываемых ВИЧ и вирусами гепатита, направлены, как правило, на уничтожение патогенов, что довольно сложно, поскольку они скрываются внутри зараженных клеток. Российские ученые с испанскими коллегами предложили альтернативный подход – использовать естественные механизмы мультистабильности и мультипликативности, когда иммунной системы существует с возбудителем, хотя и не всегда с пользой для последнего. Для этого нужно активировать сразу два звена иммунитета – клеточный и синтетический, в результате чего организм сможет сам, без медикаментозной поддержки, снизить уровень вирусной нагрузки, и тем самым существенно ослабить инфекционный процесс. Условия достижения такого состояния функционального излечения (стабильности с малой вирусной нагрузкой) описаны в работе, выполненной при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) и опубликованной на страницах журнала Frontiers in Immunology.



1. Программное управление (принцип максимума Понtryгина) (уравнения динамики точны).
2. Позиционное управление: адаптация управления по измеряемому состоянию системы (модель не точна).

# Математика и ответы на вопросы о здоровье

## «ПОСЧИТАТЬ» СЕРДЦЕ

30.05.2024 10:30

© 4549 Добавить в закладки

Каким образом математика может помочь в решении прикладных медицинских задач? Что такое биоматематика? Может ли компьютерная модель заменить врача? В каких конкретно направлениях используются такие модели и почему это важно? Об этом рассказывает член-корреспондент РАН Юрий Викторович Василевский, заместитель директора Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, заведующий кафедрой высшей математики, механики и математического моделирования Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, заведующий кафедрой вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике МФТИ, руководитель научного направления «Математическое моделирование в биомедицине и геофизике» НТУ «Сириус».

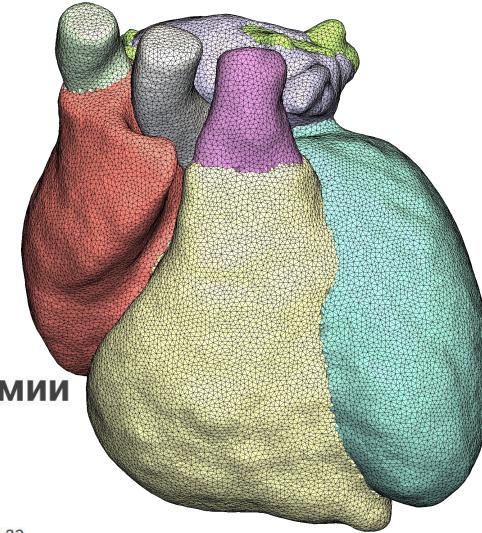


### Лидер коллектива

Василевский Юрий Викторович

## В Санкт-Петербурге молодым математикам России вручены премии Фонда «Талант и успех»

Церемония открытия IV конференции математических центров России завершилась вручением премий Образовательного Фонда «Талант и успех» за значительные достижения в научных исследованиях в области математических наук.



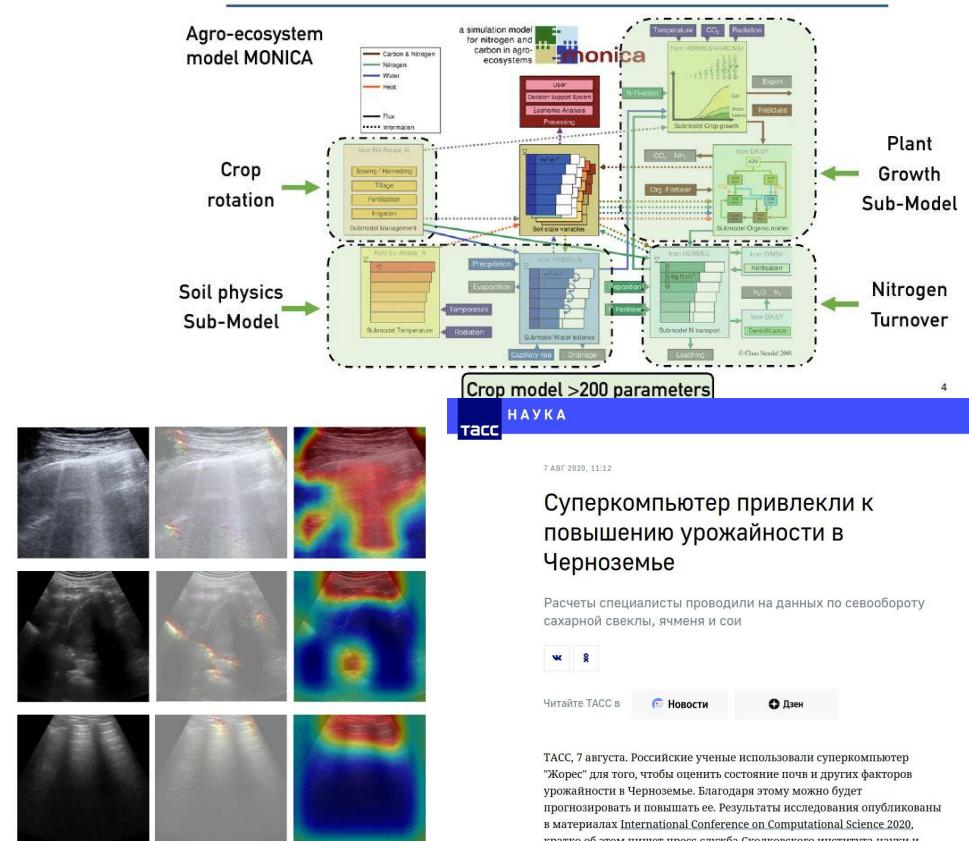
# Интерпретируемые математические модели, нейросети, суперкомпьютеры

- Можно строить модель, исходя из “первых принципов” (то есть знания законов природы),
- Если закон природы трудно сформулировать, можно обучать нейронную сеть на данных, а потом анализировать свойства полученного отображения,
- Можно анализировать применимость “чужой” математической модели для “наших” условий.

Здесь опять нужны знания многих разделов математики в сочетании с инженерными навыками, в том числе работе на суперкомпьютерах.

Этому на факультете учат (!), учат всех студентов.

В среднем выпускник факультета ВМК за 3-6 месяцев осваивает и навык самостоятельной “сборки” небольшого суперкомпьютера.



7 АВГ 2020, 11:12

Суперкомпьютер привлекли к повышению урожайности в Черноземье

Расчеты специалисты проводили на данных по севообороту сахарной свеклы, ячменя и сои



Читайте ТАСС в



Новости



ТАСС, 7 августа. Российские ученые использовали суперкомпьютер “Жорес” для того, чтобы оценить состояние почв и других факторов урожайности в Черноземье. Благодаря этому можно будет прогнозировать и повышать ее. Результаты исследования опубликованы в материалах International Conference on Computational Science 2020, кратко об этом пишет пресс-служба Сколковского института науки и технологий.

# Технология прогноза погоды

Сбор и анализ  
данных  
наблюдений

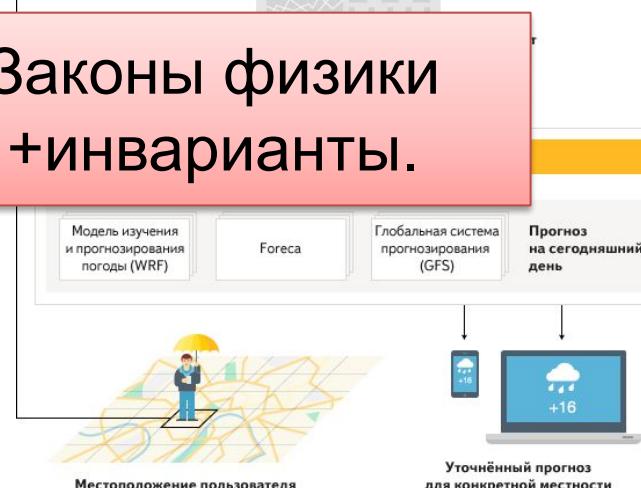
Усвоение данных  
наблюдений

Прогностическая  
модель

Синоптик

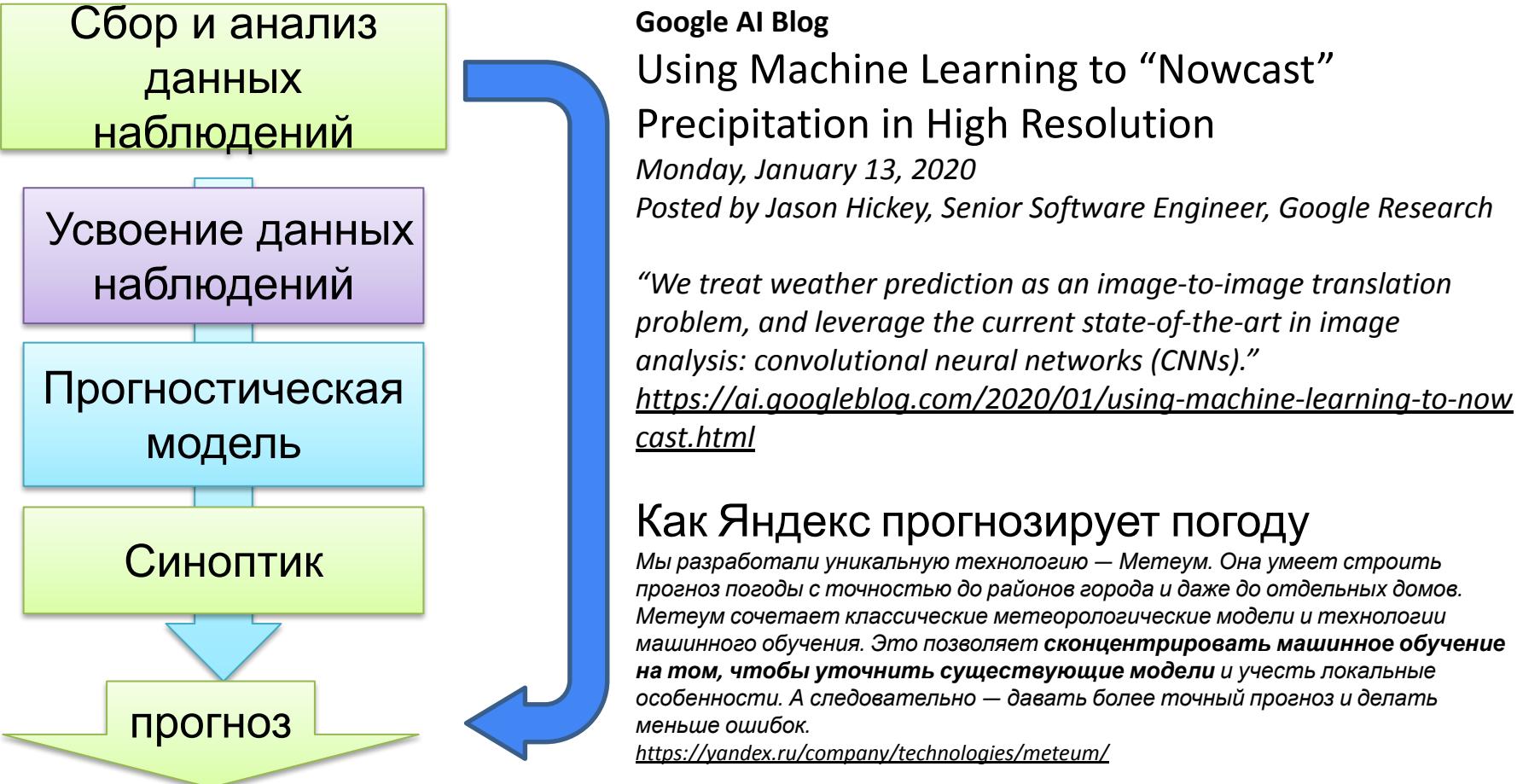
прогноз

Законы физики  
+инварианты.



Картишка: <https://yandex.ru/company/technologies/meteum/>

# ИИ в Технологии прогноза погоды?



# ИИ в Технологии прогноза погоды?

Сбор и анализ  
данных  
наблюдений

Усвоение данных  
наблюдений

Прогностическая  
модель

Синоптик

прогноз

Learning earth system models from observations: machine learning or data assimilation?  
Alan J. Geer  
ECMWF Technical Memo 863  
<https://www.ecmwf.int/file/288231/download?token=fCifa6m2>

Using Machine Learning to Parameterize Moist Convection: Potential for Modeling of Climate, Climate Change, and Extreme Events  
Paul A. O'Gorman John G. Dwyer  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018MS001351>

A Deep Convolutional Neural Network Model for improving WRF Forecasts  
Alqamah Sayeeda, et al.

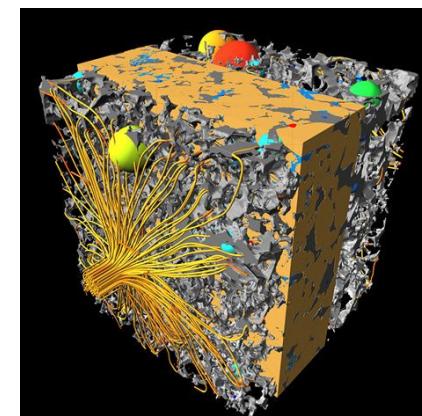
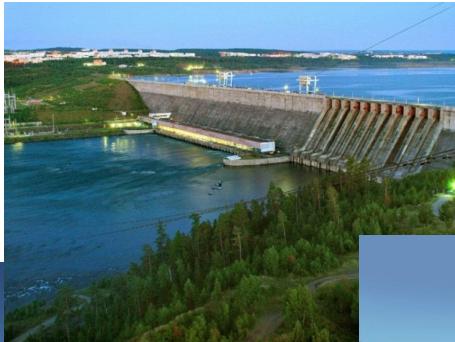
"We train the CNN model with a four-year history (2014-2017) to investigate the patterns in WRF biases and then reduce these biases in forecasts for surface wind speed and direction, precipitation, relative humidity, surface pressure, dewpoint temperature, and surface temperature."  
<https://arxiv.org/pdf/2008.06489.pdf>

Neural Networks for Postprocessing Ensemble Weather Forecasts  
Stephan Rasp and Sebastian Lerch  
<https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/146/11/mwr-d-18-0187.1.xml>

Нейросетевые технологии позволяют уточнять прогноз  
Быков Ф.Л. СТАТИСТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ ПО МОДЕЛИ СОСМО С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, Метеорология и гидрология. 2020. № 3. С. 5-20.

# Области применения геофизических моделей

- Прогноз «погоды» на 10 и более лет, исследование климата Земли в прошлом.
- Северный морской путь и освоение Арктики.
- Добыча природных ресурсов (в т.ч. шельф), сельское хозяйство.
- Потребление энергоресурсов, экологии и т.д.
- Оценка рисков явлений, вызванных изменениями климата.



# Кафедра вычислительных технологий и моделирования

- Организована в 2004 году
- Теснейшим образом связана с институтом Вычислительной Математики им. Г. И. Марчука РАН

Основные научные направления включают:

- методы и технологии численного анализа  
(профиль докладчика :-))
- моделирование природной среды и климата
- численные методы в задачах аэро- и электродинамики
- моделирование в медицине и биоматематике.

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

У факультета при этом есть тесная связь с ИСП РАН, ФИЦ ИУ РАН и другими организациями



# Кафедра вычислительных технологий и моделирования

- академик РАН [Е. Е. Тыртышников](#)
- член-корреспондент РАН [Ю. В. Василевский](#)
- профессор [В. И. Агошков](#)
- профессор [А. Б. Богатырев](#)
- профессор [Г. А. Бочаров](#)
- профессор [И. В. Осепедец](#)
- профессор [А. А. Романюха](#)
- профессор [А. В. Сетуха](#)
- профессор [М. А. Толстых](#)
- доцент [Н. Л. Замарашкин](#)
- доцент [С. Г. Руднев](#)
- доцент [Е. И. Пармузин](#)
- доцент [С. А. Матвеев](#)
- ассистент [Д. А. Желтков](#)
- ассистент [О. С. Лебедева](#)



При этом **любой сотрудник ИВМ РАН** может быть со-руководителем  
дипломной/курсовой работы!

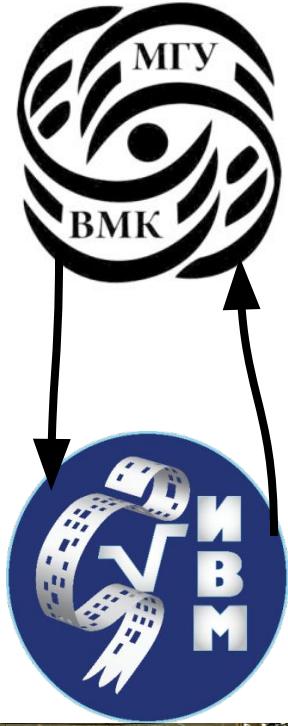
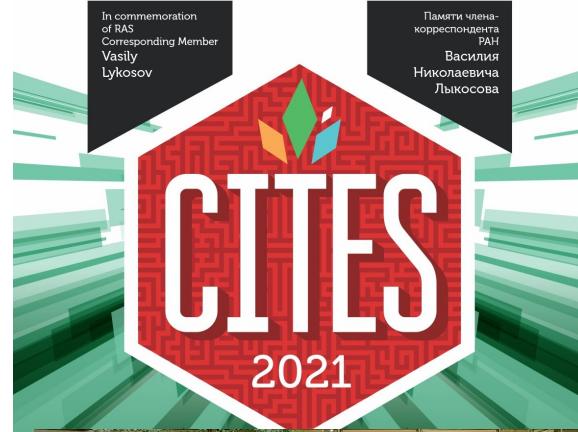
# Кафедра вычислительных технологий и моделирования

- Сеть контактов с ведущими научными организациями в России (НИВЦ МГУ, Росгидромет, ИБРАЭ, МФТИ, Институт океанологии им. Ширшова, ИФА РАН)
- Сотрудники ИВМ РАН имели непосредственное отношение к работе Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), которой в 2007 году была присуждена Нобелевская премия мира. В 2021 году Нобелевская премия по физике вручена за моделирование совместной циркуляции атмосферы и океана
- Опыт работы с индустриальными заказчиками: Huawei, Роснефть, Exxon Mobil, Bosch, приглашенные лекции в Ozon Masters, MADE VK, университете Сбербанка, Yandex и пр.
- Активная работа над грантами РНФ и министерскими программами с участием студентов и аспирантов,
- Летние школы: школа CITES, школы и конференции на базе НТУ Сириус и совместного университета МГУ-ППИ в Шэньчжэне

NOVEMBER,  
22 – 27  
MOSCOW,  
RUSSIA

INTERNATIONAL  
YOUNG SCIENTISTS  
SCHOOL  
AND CONFERENCE  
on Computational  
Information Technologies  
for Environmental  
Sciences

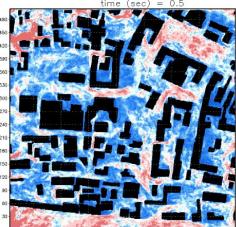
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
МОЛОДЕЖНАЯ  
ШКОЛА  
И КОНФЕРЕНЦИЯ  
по вычислительно-  
информационным  
технологиям для наук  
об окружающей среде



# Многомасштабное моделирование Земной системы

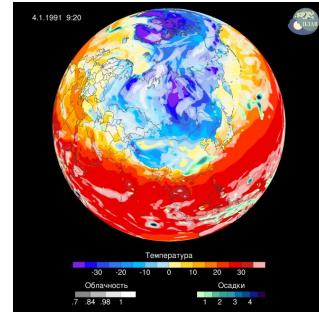
В ИВМ РАН разработана единственная в России модель Земной системы, которая с 2003 года принимает участие в проекте по сравнению моделей IPCC (проводится МГЭИК).

## Моделирование турбулентности



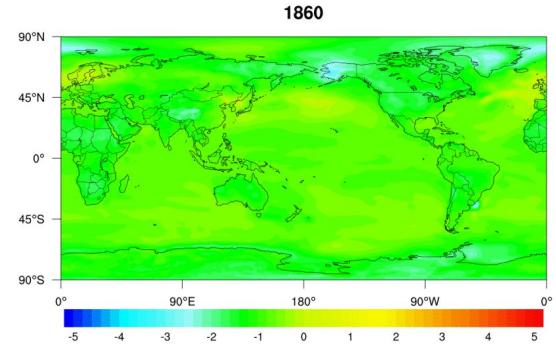
Пограничный слой атмосферы.  
Метры,  
Нижняя тропосфера,  
Часы.

## Прогноз погоды



Атмосфера, океан, морской лед.  
Десятки километров - глобус,  
Тропосфера и стратосфера,  
Дни-месяцы.

В 2020 году 9 из 100 мощнейших суперкомпьютеров мира установлены в национальных Метеорологических центрах.



Атмосфера, океан, морской лед, озера, ледниковые щиты, атмосферная химия и электричество, биохимия океана.

Глобус,  
Тропосфера, стратосфера, ионосфера

..  
Годы – десятки и сотни лет.

# Спасибо за внимание!

**Обратная связь: [matseralex@cs.msu.ru](mailto:matseralex@cs.msu.ru)**

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

Обзор для широкой аудитории:

<https://www.inm.ras.ru/kaf-vtmgb/geo/>

Больше тем:

<https://www.inm.ras.ru/kaf-vtmgb/sci/>

Канал в телеграм: t.me/vtmmsuchair

