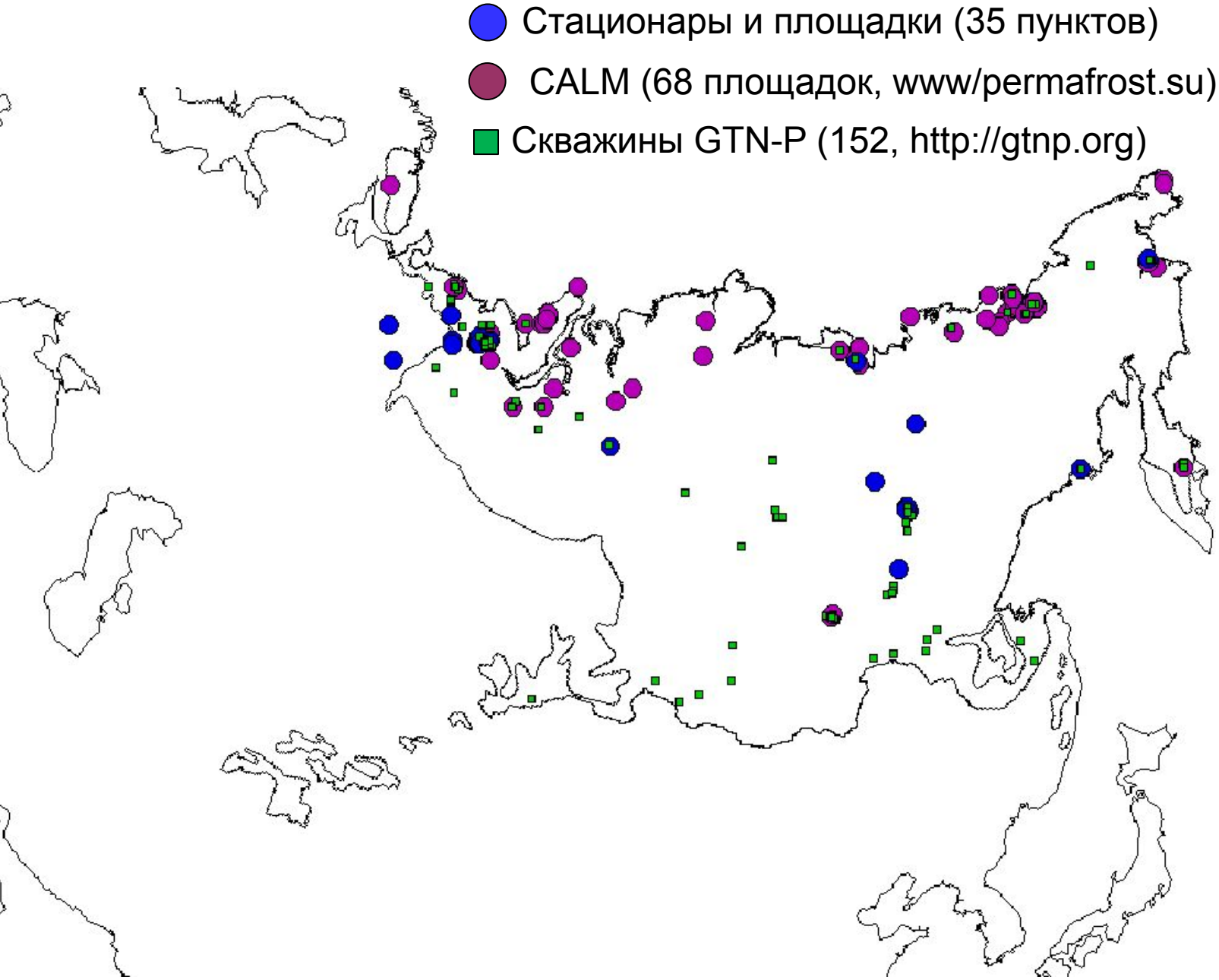
Модельная ассимиляция и реанализ геокриологических данных: постановка задачи и валидация модели

О.А. Анисимов, С.А. Лавров, А.Ф. Жирков, Д.А. Каверин

oleg@oa7661.spb.edu

РФФИ, проект 18-05-60005

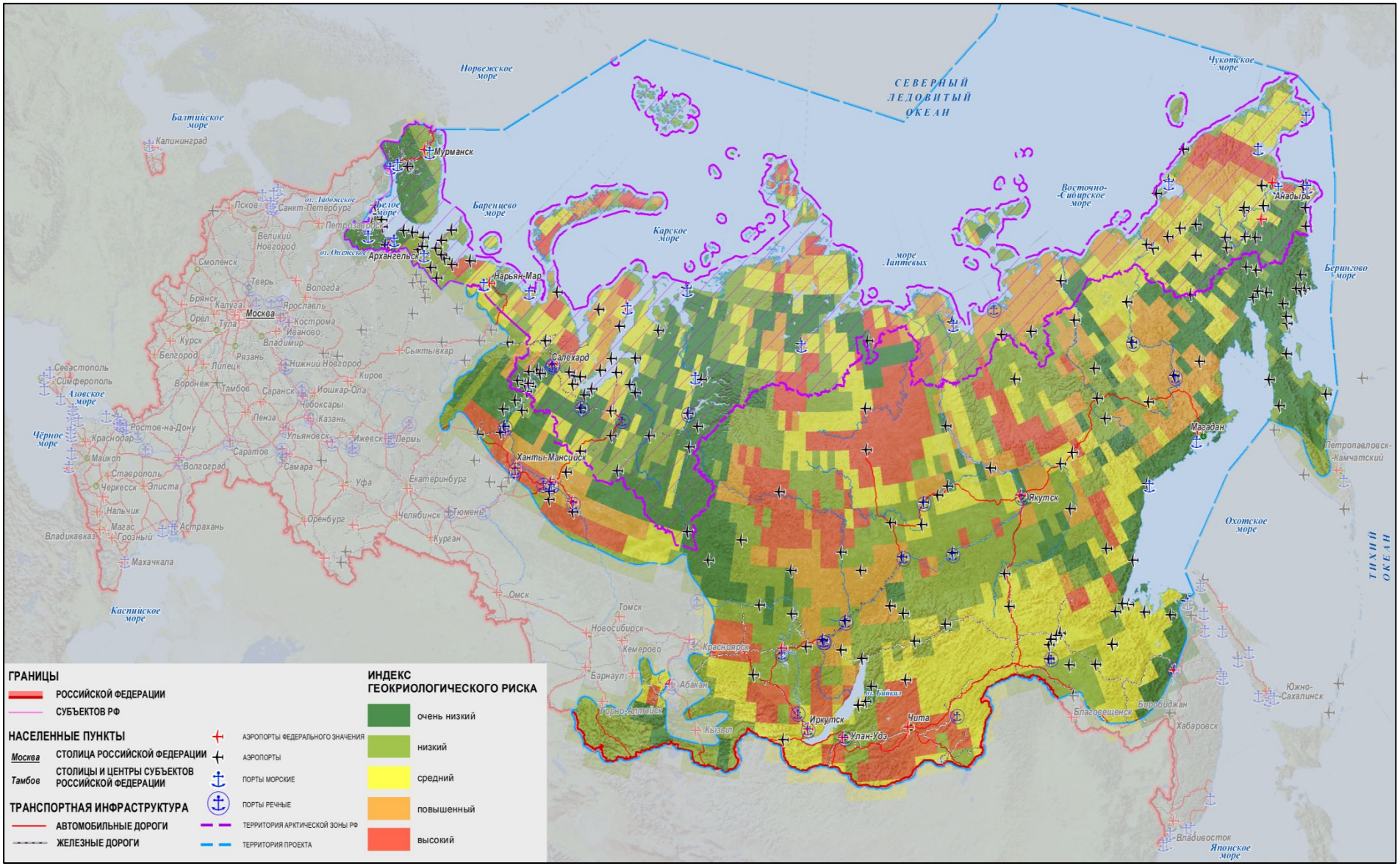
Пункты мерзлотных наблюдений



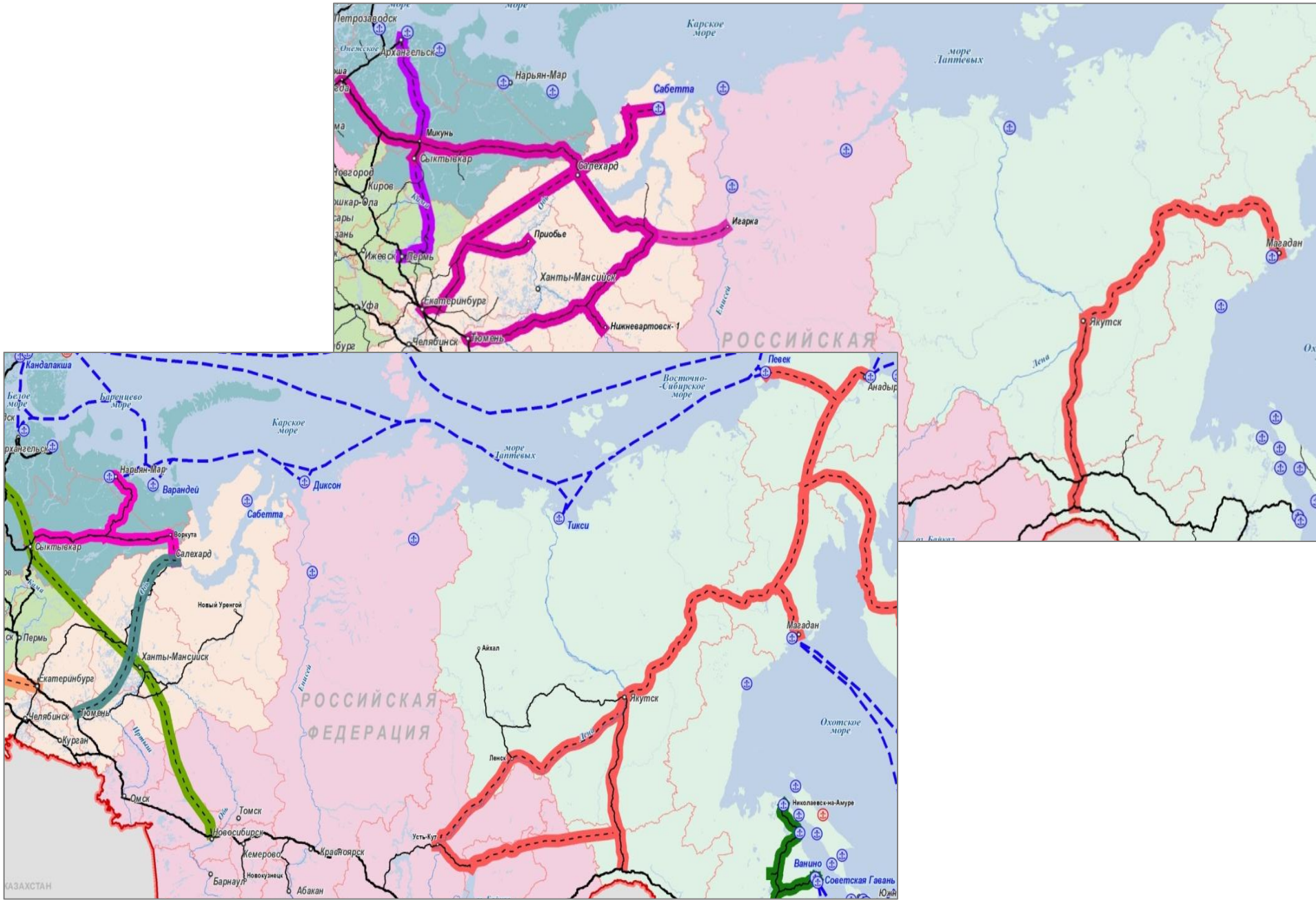
- Измерения носят негосударственный характер, не координируются одним ведомством, данные труднодоступны.
- Сеть неравномерна и нерепрезентативна, выбор многих площадок случаен.
- Лишь на 18 площадках CALM длительность измерений более 10 лет.
- Лишь две характеристики ММГ, среднегодовая температура и мощность СТС, включены в перечень существенных параметров ВМО.

Как это соотносится с нуждами актуальных задач?

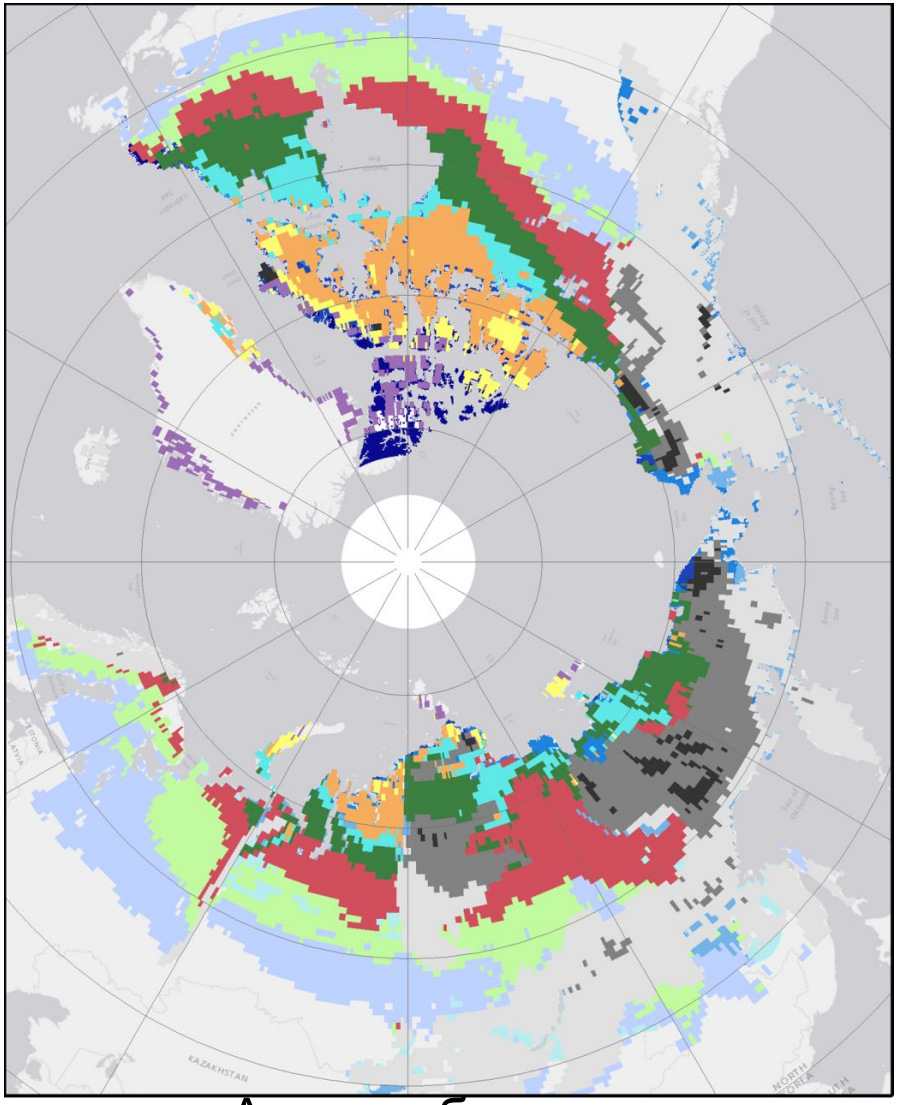
Оценка рисков для инфраструктуры



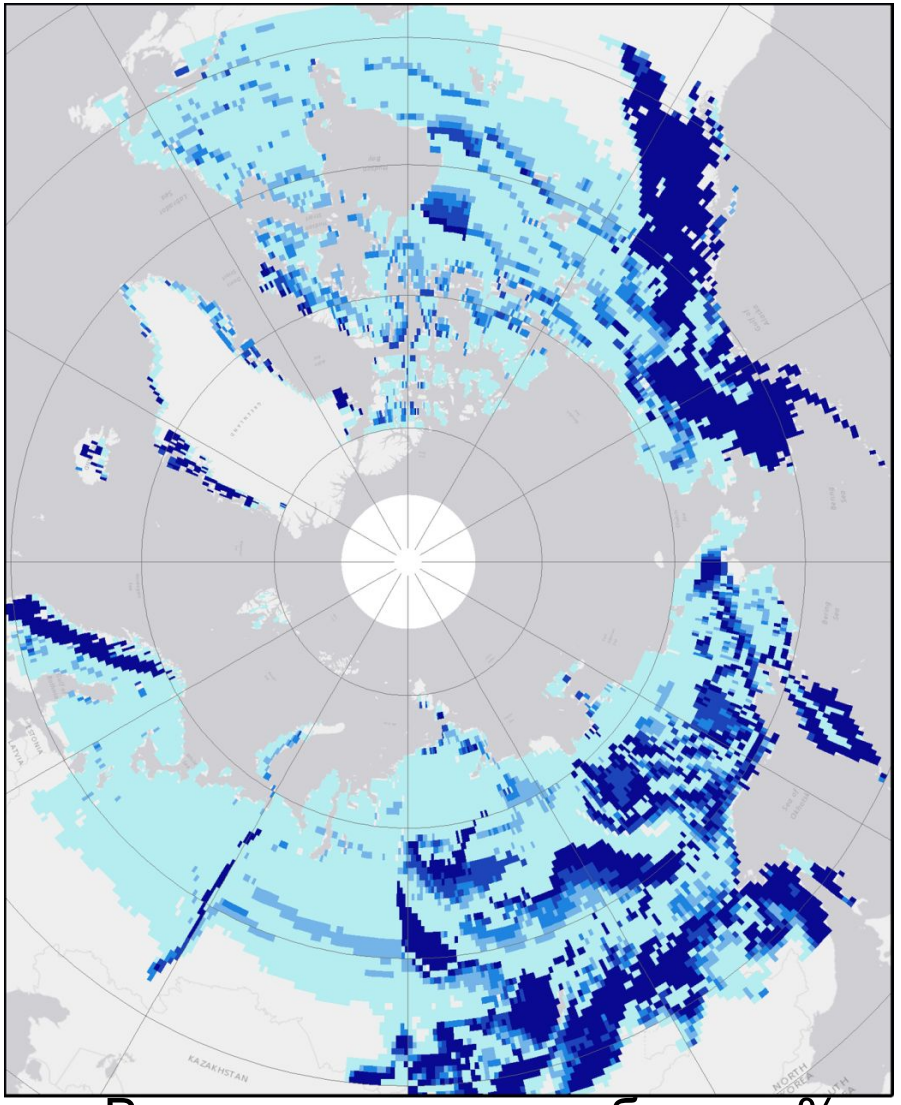
Проектирование транспортных магистралей



Оценка рисков для экосистем



Ареалы биомов



Вероятность смены биома, %

0 20 40 60 80 100

Оценка рисков эмиссии метана

Seven facts you need to know about the Arctic methane timebomb

Dismissals of catastrophic methane danger ignore robust science in favour of outdated mythology of climate safety

Melting ice in the Arctic. Photograph: Getty

Posted by
Nafeez Ahmed
Monday 5 August 2013
06.01 BST
theguardian.com

Debate over the plausibility of a catastrophic release of methane in coming decades due to thawing Arctic permafrost has escalated afte new Nature paper warned that exactly this scenario could trigger cos equivalent to the annual GDP of the global economy.

Семь фактов о метановой катастрофе

(N.Ahmed, The Guardian)

BBC Home | News | Sport | Radio | TV | Weather | Languages | ПОИСК

BBC RUSSIAN.com

Слушайте наши передачи ЗАПУСТИТЬ RADIO PLAYER

Без графики | О сайте | Обратная связь

Главная
Россия
Экономика
Технологии
Арт-квартал
Люди и нравы
Спорт
Альбион
Пресса
Форумы
Проекты
Learn English
Мир в кадре

РАДИО
Передачи
Частоты

НА ДРУГИХ ЯЗЫКАХ
УКРАЇНСЬКА МОВА
AZƏRBAYCAN XİDMƏTİ
ЎЗБЕК ХИЗМАТИ
КЫРГЫЗ КЫЗМАТЫ

Обновлено: четверг, 11 августа 2005 г., 13:57 GMT 17:57 МСК

Отправить по почте | Версия для печати

Сибирские болота угрожают планете выбросом метана

Миллион квадратных километров замерзших болот Западной Сибири тает и угрожает планете гигантским выбросом метана - газа, способствующего глобальному потеплению. Таков вывод российско-британского исследования, результаты которого опубликованы в четверг журналом "Нью сайентист".

Ученые заметили, что на поверхности тундры стали появляться мелкие озера - вечная мерзлота тает

В субарктическом районе Западной Сибири, равном по площади Германии и Франции вместе взятым, находятся крупнейшие в мире замерзшие болота. Метан в болотах скапливался на протяжении тысяч лет, но до недавнего времени был заперт мощным панцирем льда на поверхности.

МАТЕРИАЛЫ ПО ТЕМЕ:
- "Технологичный ответ" Киотскому протоколу 28-07-05 | Технологии
- Был ли саммит Восьмерки в Шотландии успешным? 08-07-05 | Главная
- Пески Калахари могут вновь ожить 30-06-05 | Технологии
- Глобальное потепление "опаснее терроризма" 09-01-04 | Технологии

ГЛАВНЫЕ МИРОВЫЕ НОВОСТИ
- Россия и КНР - за дипломатию по атому Ирана
- В Минске арестованы оппозиционеры
- Глава МИД Швеции ушла из-за карикатур
- Французов призывают к забастовке

RSS | Что такое RSS?

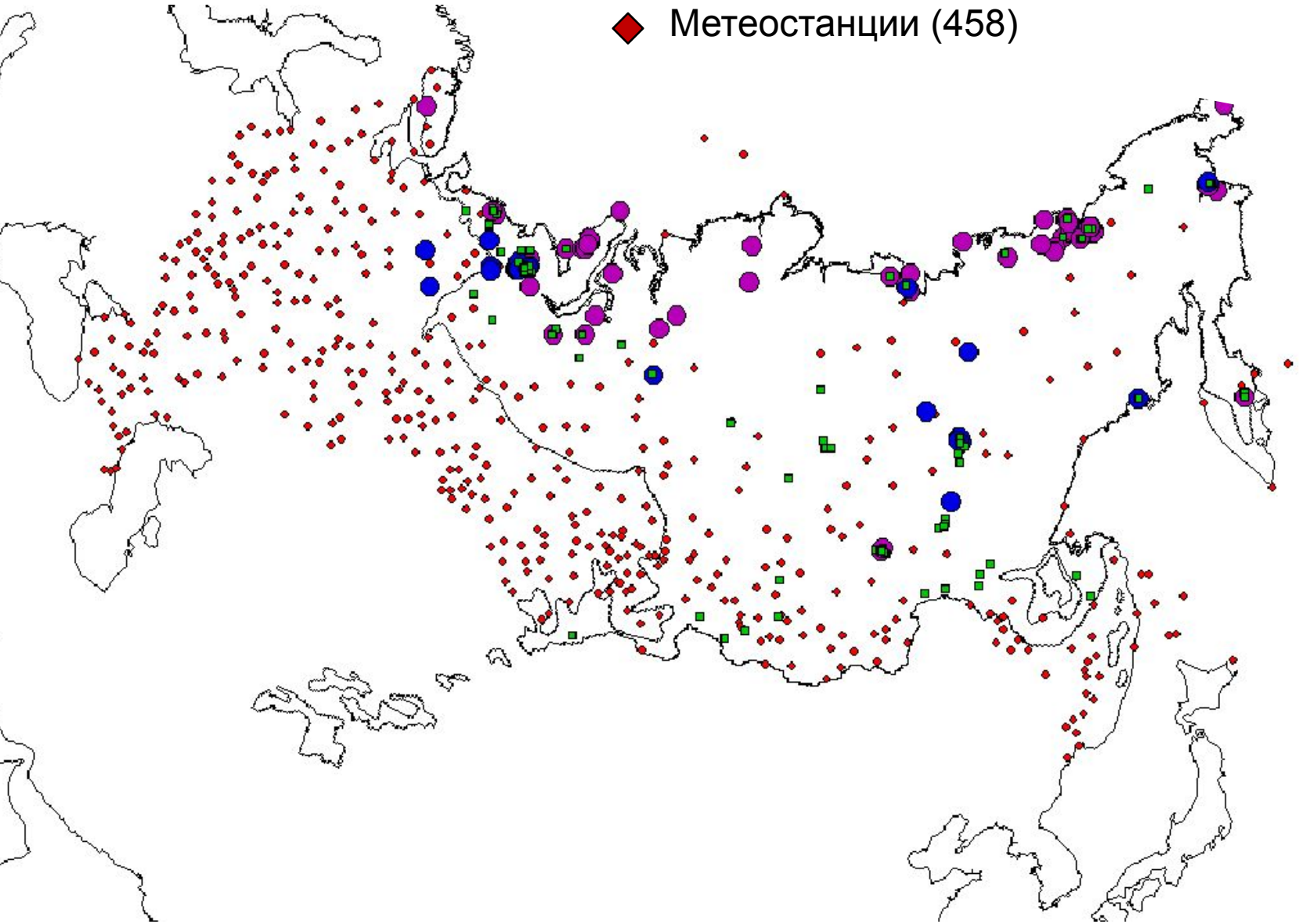
Расположение площадок наблюдений

Стационары и площадки (35)

CALM (68)

Скважины GTN-P (152)

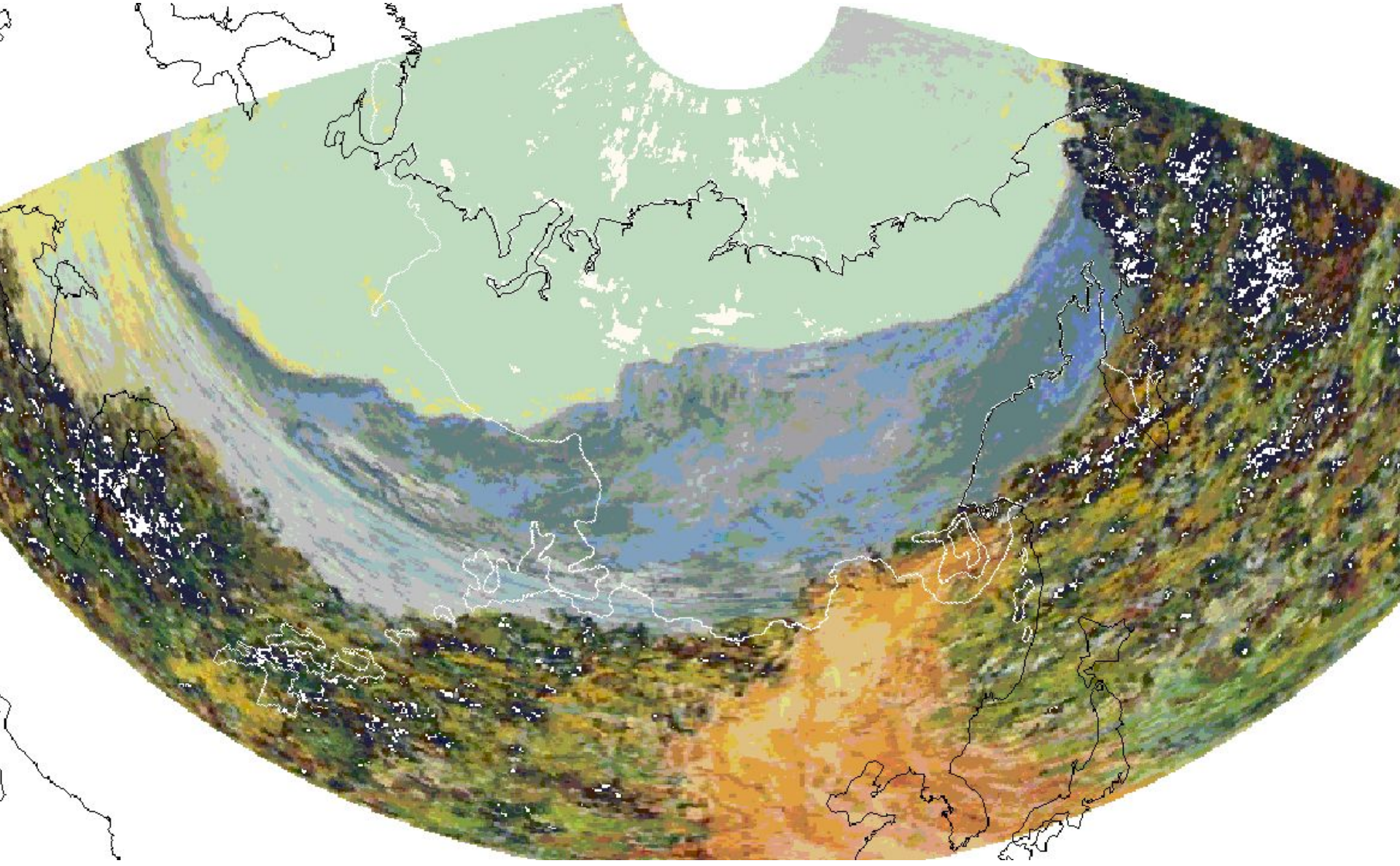
Метеостанции (458)



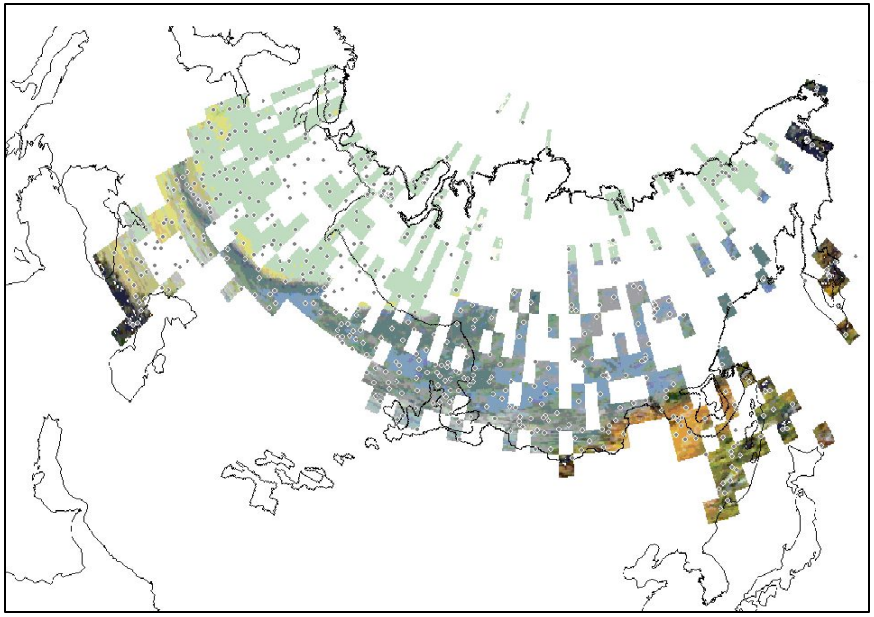
Данные точечных наблюдений

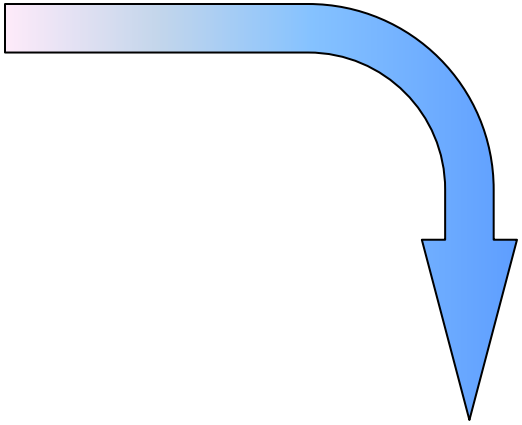
Полная пространственная картина

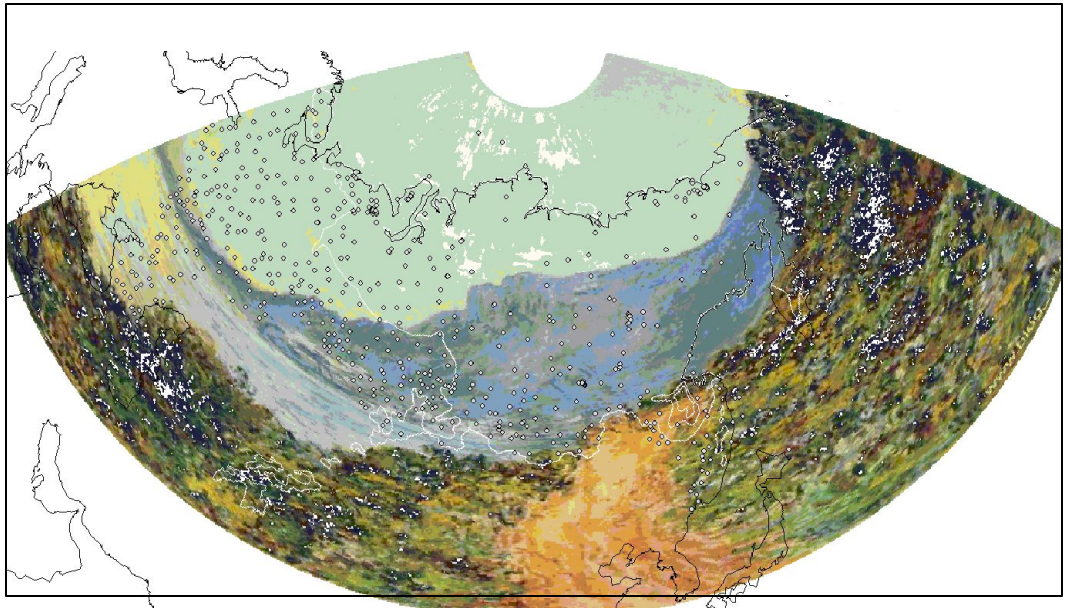
Клод Моне. Пейзаж в Монако.



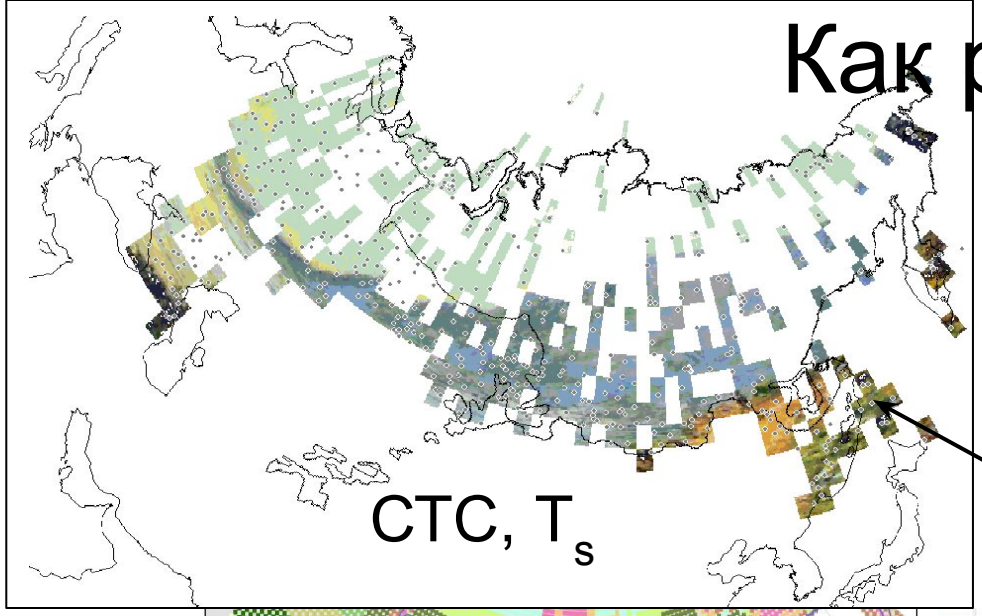
Реанализ по точечным данным строит пространственно-временной континуум





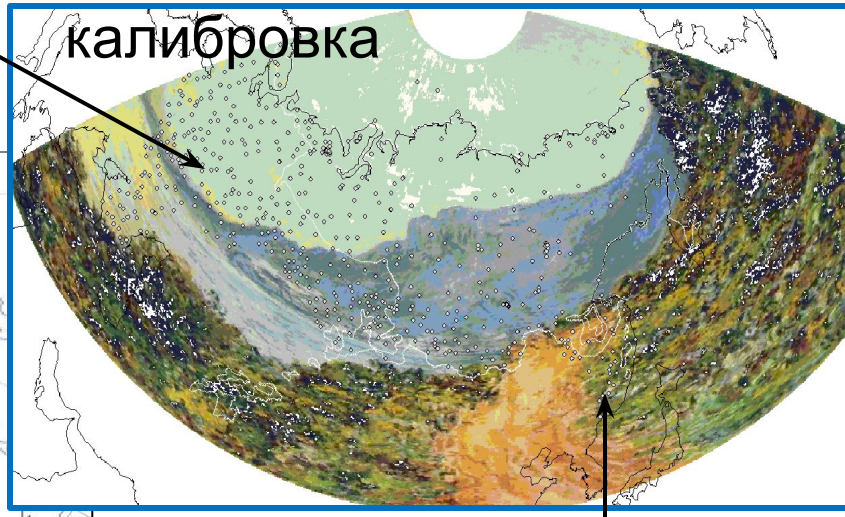


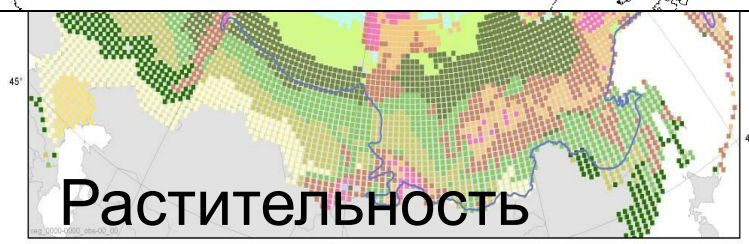
Как работает реанализ?



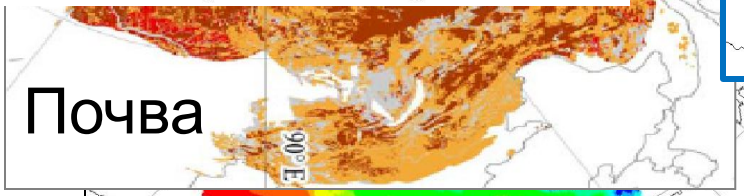
СТС, T_s

Сравнение и калибровка

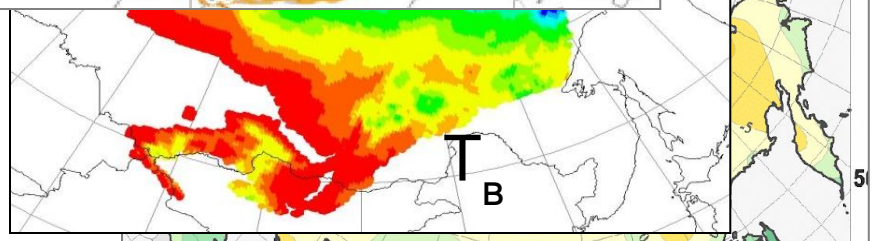




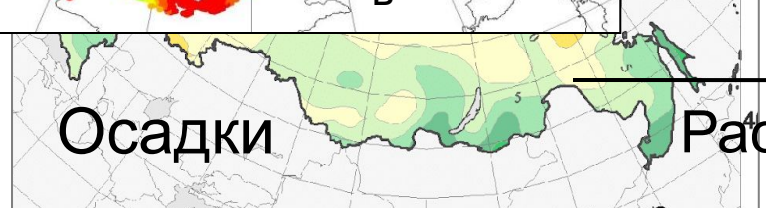
Растительность



Почва



$T_в$



Осадки

Расчет СТС и T_s

Развитие моделей мерзлоты

PERMAFROST AND PERIGLACIAL PROCESSES
Permafrost and Periglac. Process. **19**: 137–156 (2008)
Published online in Wiley InterScience
(www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ppp.615

Recent Advances in Permafrost Modelling

Daniel Riseborough,[1]* *Nikolay Shiklomanov*,[2] *Bernd Etzelmüller*,[3] *Stephan Gruber*[4] *and Sergei Marchenko*[5]

Contents lists available at ScienceDirect
Advances in Water Resources
journal homepage: www.elsevier.com/locate/advwatres

Review

The mathematical representation of freezing and thawing processes in variably-saturated, non-deformable soils

Barret L. Kurylyk[a,*], Kunio Watanabe[b]

Палеореконструкции мерзлоты

PERMAFROST AND PERIGLACIAL PROCESSES
Permafrost and Periglac. Process. **24**: 286–303 (2013)
Published online 23 August 2013 in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ppp.1787

New Estimates of Permafrost Evolution during the Last 21 k Years in Eurasia using Numerical Modelling

D. C. Kitover, R. T. van Balen, D. M. Roche, J. Vandenberghe and H. Renssen*

The Cryosphere, 6, 613–624, 2012
www.the-cryosphere.net/6/613/2012/
doi:10.5194/tc-6-613-2012
© Author(s) 2012. CC Attribution 3.0 License.

The Cryosphere

Гидрология криолитозоны

PERMAFROST AND PERIGLACIAL PROCESSES
Permafrost and Periglac. Process. **24**: 268–285 (2013)
Published online 15 August 2013 in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ppp.1785

Basin Modelling of Temperature and Heat Flow Distributions and Permafrost Evolution, Urengoy and Kuyumbinskaya Areas, Siberia

Yu. I. Galushkin,[1]* *K. A. Sitar*[2] *and S. V. Frolov*[2]

Модели высокого разрешения

Numerical modeling of permafrost dynamics in Alaska using a high spatial resolution dataset

E. E. Jafarov[1], S. S. Marchenko[1], and V. E. Romanovsky[1,2]

Мерзлота в моделях земной системы

Diagnosing Present and Future Permafrost from Climate Models

ANDREW G. SLATER

National Snow and Ice Data Center, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado

DAVID M. LAWRENCE

National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

Субаквальная мерзлота

Modeling sub-sea permafrost in the East Siberian Arctic Shelf: The Laptev Sea region

D. J. Nicolsky,[1] V. E. Romanovsky,[1,2] N. N. Romanovskii,[3] A. L. Kholodov,[1] N. E. Shakhova,[4] and I. P. Semiletov[4]

Numerical model of the geothermal regime on the Beaufort Shelf, arctic Canada since the Last Interglacial

Alan E. Taylor,[1] S. R. Dallimore,[2] P. R. Hill,[2] D. R. Issler,[3] S. Blasco,[4] and F. Wright[2]

Эмиссия метана

GEOPHYSICS

Predicted Methane Emission on the East Siberian Shelf

N. E. Shakhova[a, b], V. A. Alekseev[b], and I. P. Semiletov[a, b]

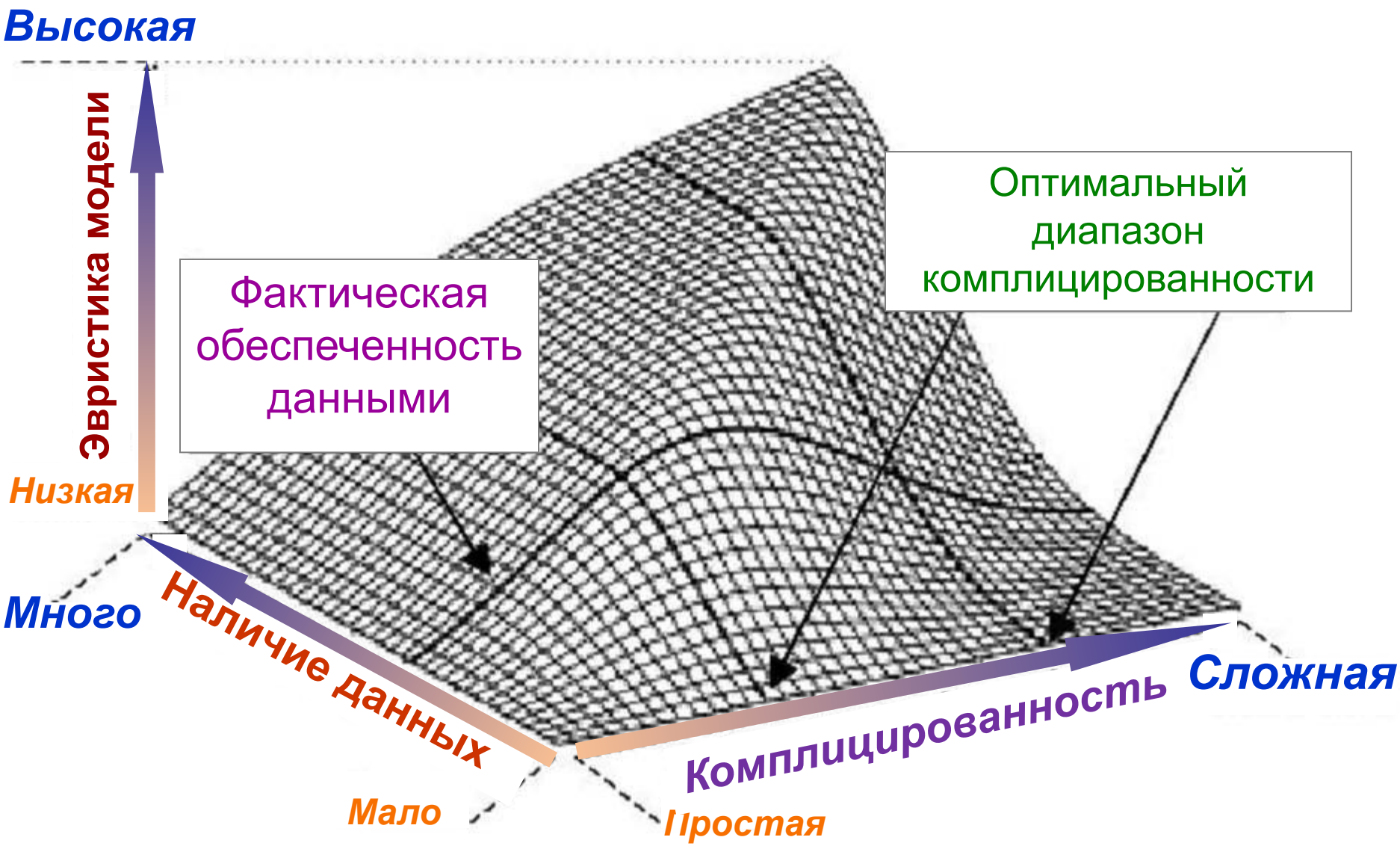
Seven facts you need to know about the Arctic methane timebomb

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 116, C10027, doi:10.1029/2011JC007218, 2011

Recent changes in shelf hydrography in the Siberian Arctic: Potential for subsea permafrost instability

Igor A. Dmitrenko,[1] Sergey A. Kirillov,[2] L. Bruno Tremblay,[3] Heidemarie Kassens,[1] Oleg A. Anisimov,[4] Sergey A. Lavrov,[4] Sergey O. Razumov,[5] and Mikhail N. Grigoriev[5]

Комплицированность модели



“Данные без модели - хаос, модель без наблюдений - фантазия.”

Динамическая модель ММГ

Учет кондуктивного теплопереноса, фазовых переходов и засоленности

$$c_a \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z}\right) + \rho_w L \frac{\partial W}{\partial t}\vartheta - \rho_w L \frac{\partial W_u}{\partial S}\frac{\partial S}{\partial t}\vartheta$$

Уравнение диффузии соли

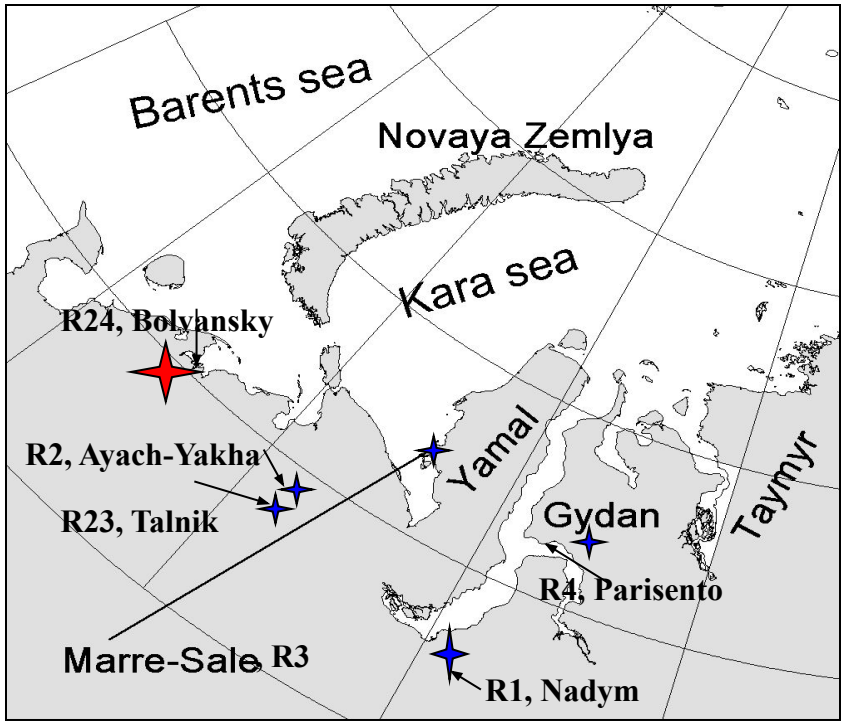
$$\frac{\partial (W_u S)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(D_s \frac{\partial S}{\partial z}\right)$$

Расчет эффективной теплоемкости

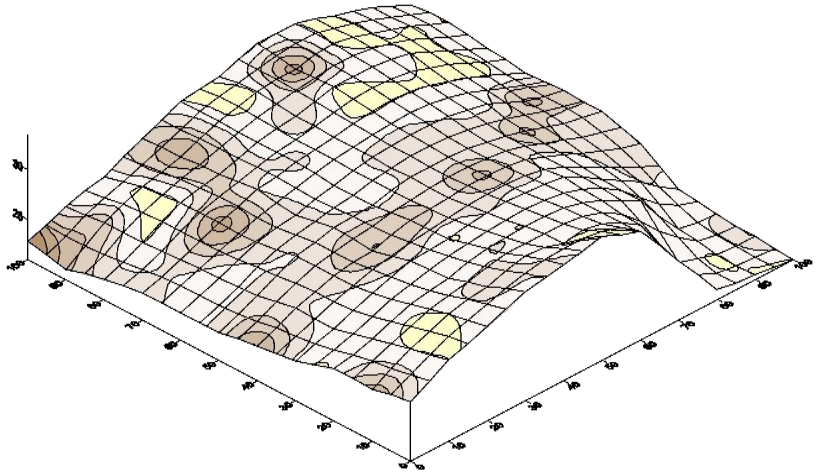
$$c_a = c + \rho_w L \frac{\partial W_u(T)}{\partial T}\vartheta$$

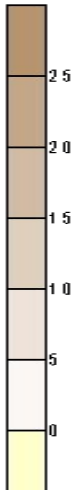
$$\vartheta = \begin{cases} 0; \ \textit{если} \ T \geq 0 \\ 0; \ \textit{если} \ T < 0 \ \textit{и} \ W \leq W_u(T) \\ 1; \ \textit{если} \ T < 0 \ \textit{и} \ W > W_u(T) \end{cases}$$

Влияние топографии и органического слоя на СТС

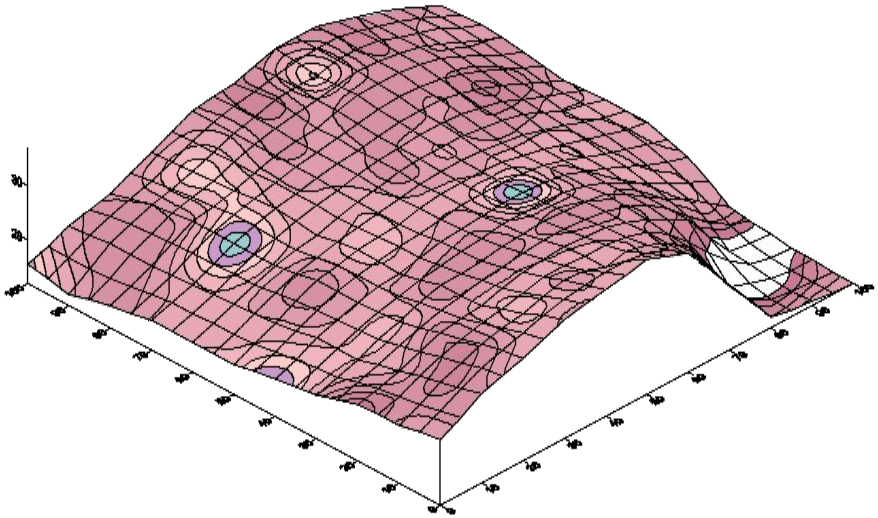


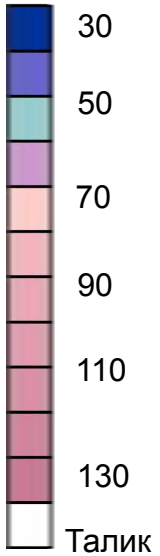
Толщина органического слоя



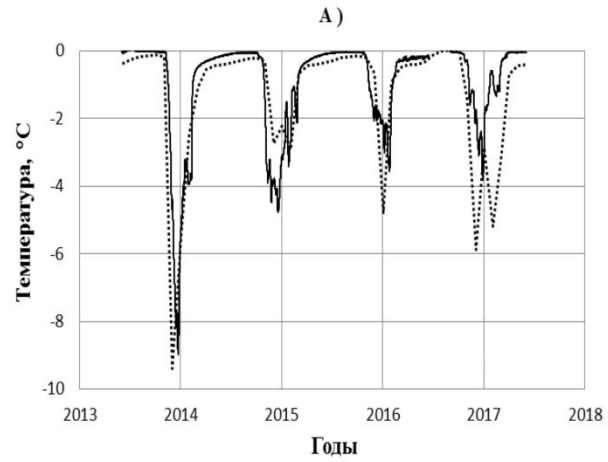


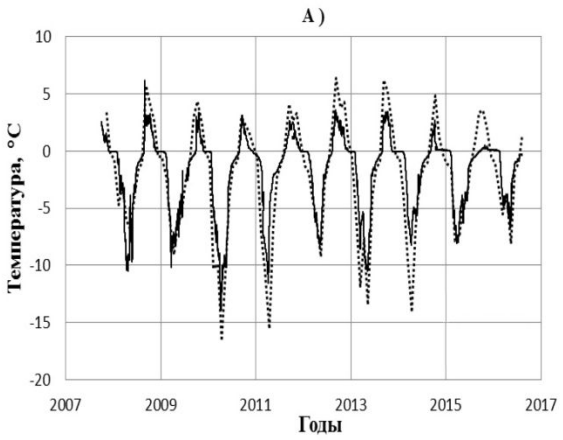
Мощность СТС

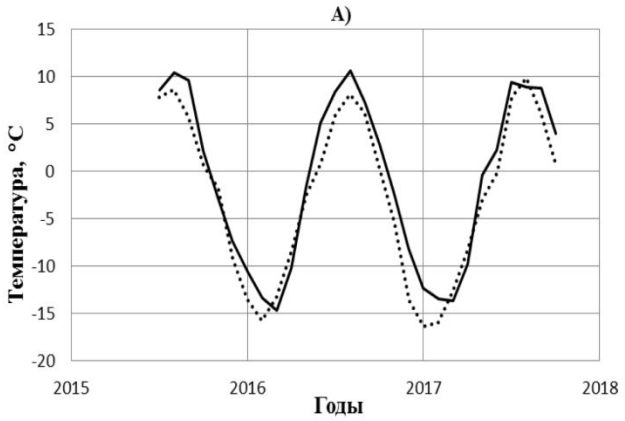


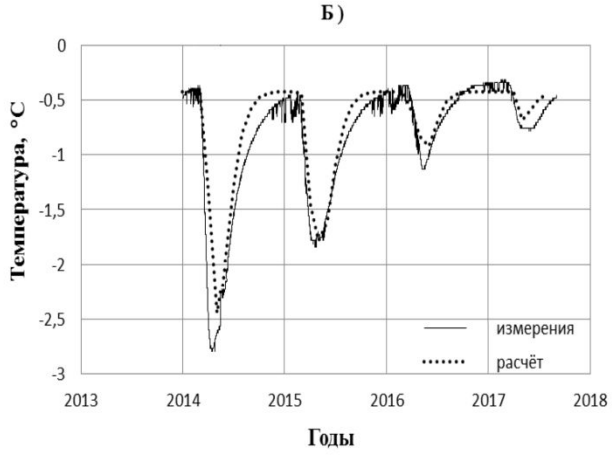


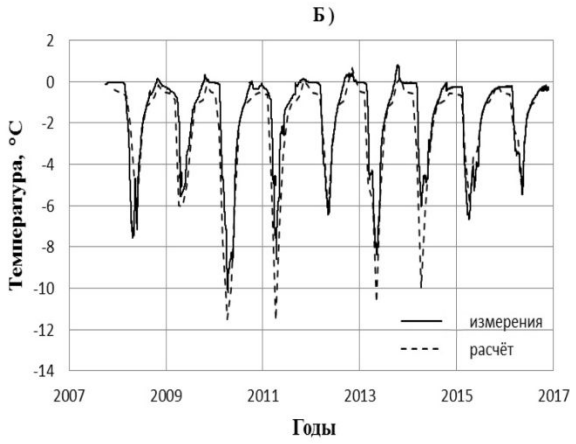
Изменения температуры на глубинах 0.5 м (А) и 3 м (Б) по данным наблюдений на стационарах и расчетам.

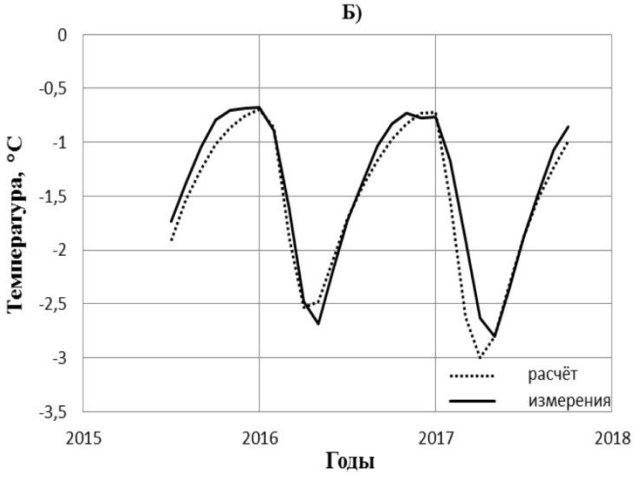










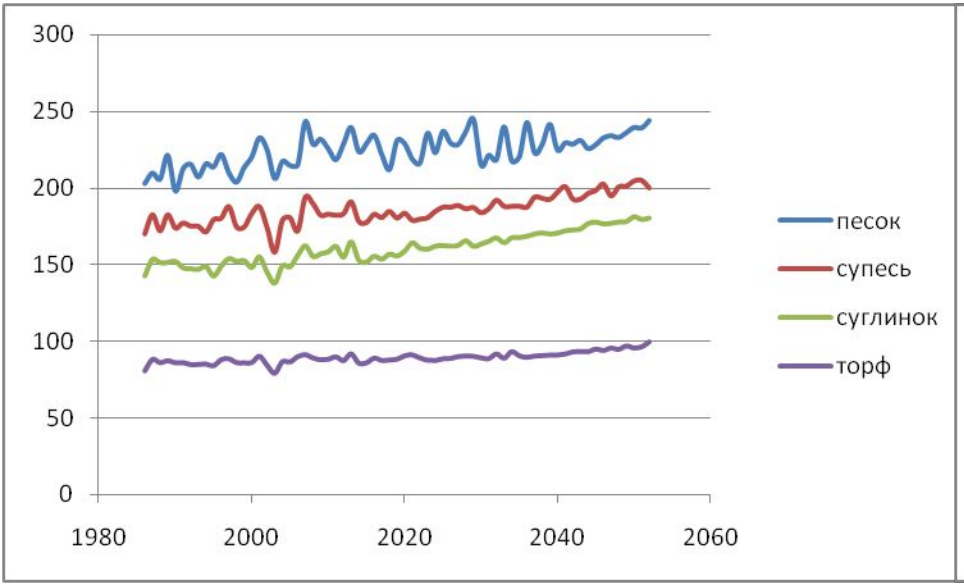


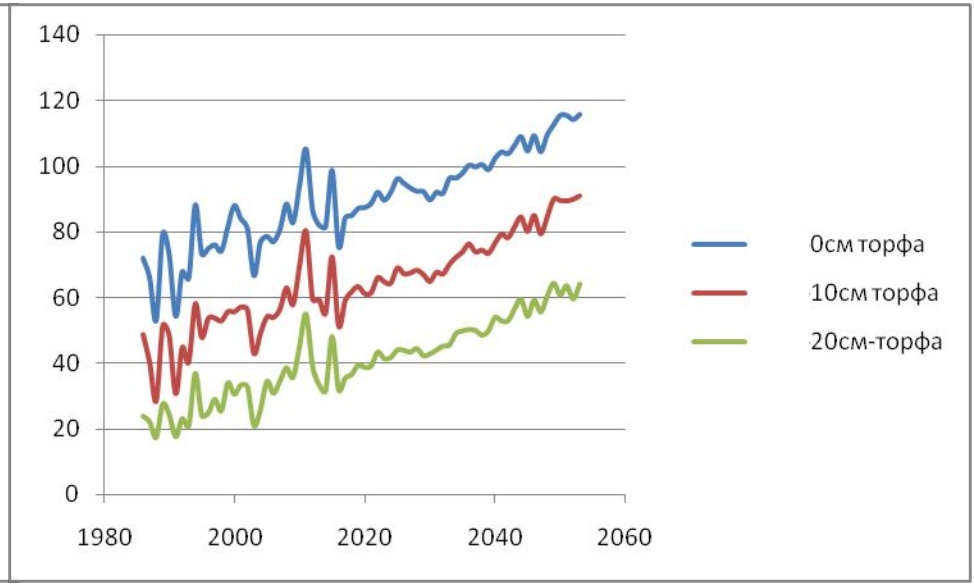
Инта 1 бугор

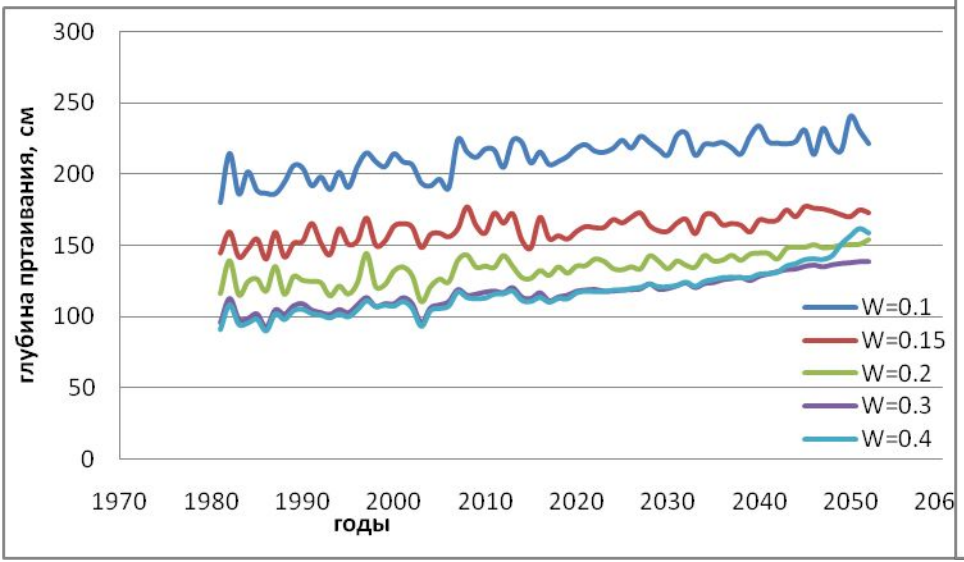
Петрунь (К58)

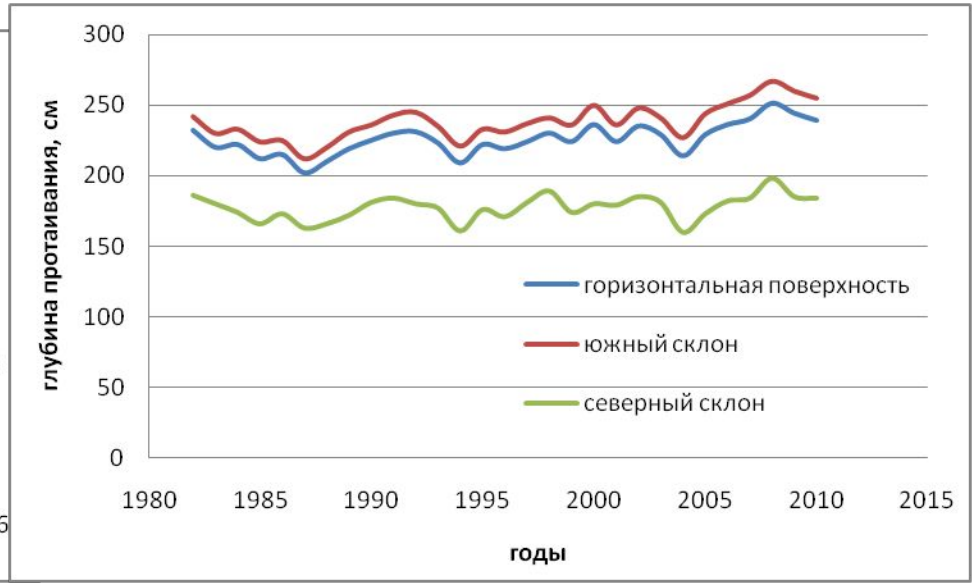
Якутск

Чувствительность расчета к влияющим параметрам

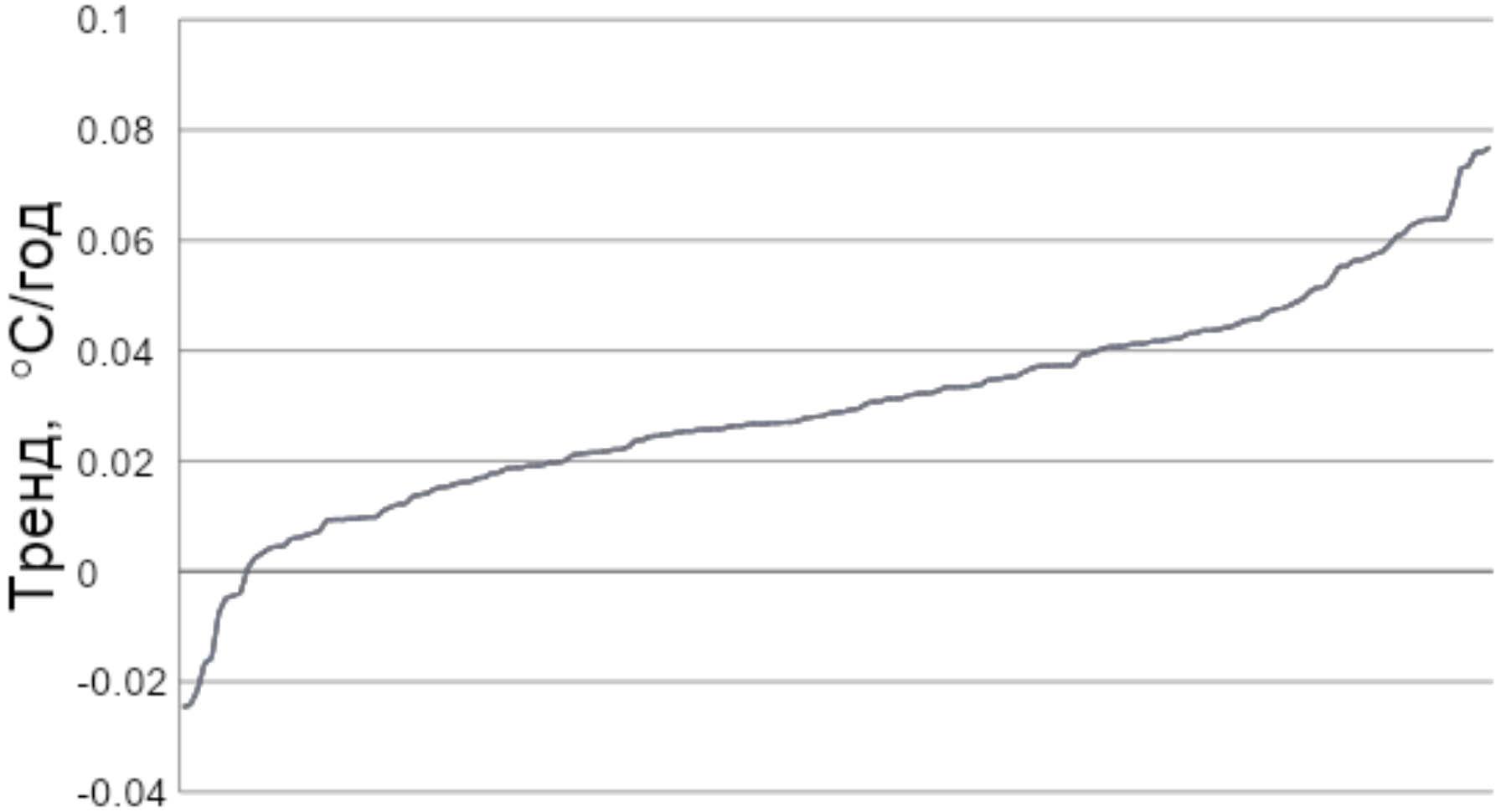




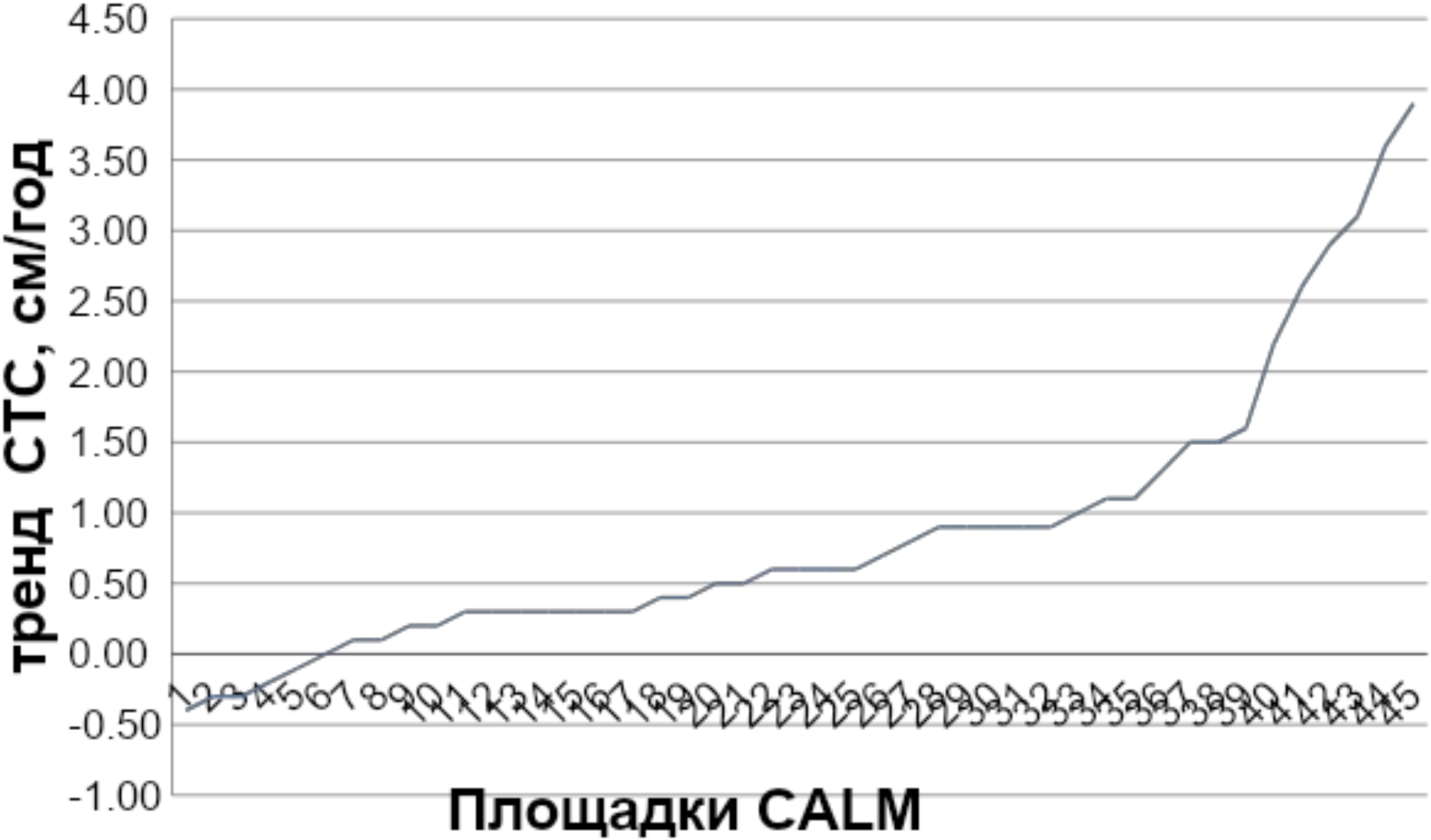




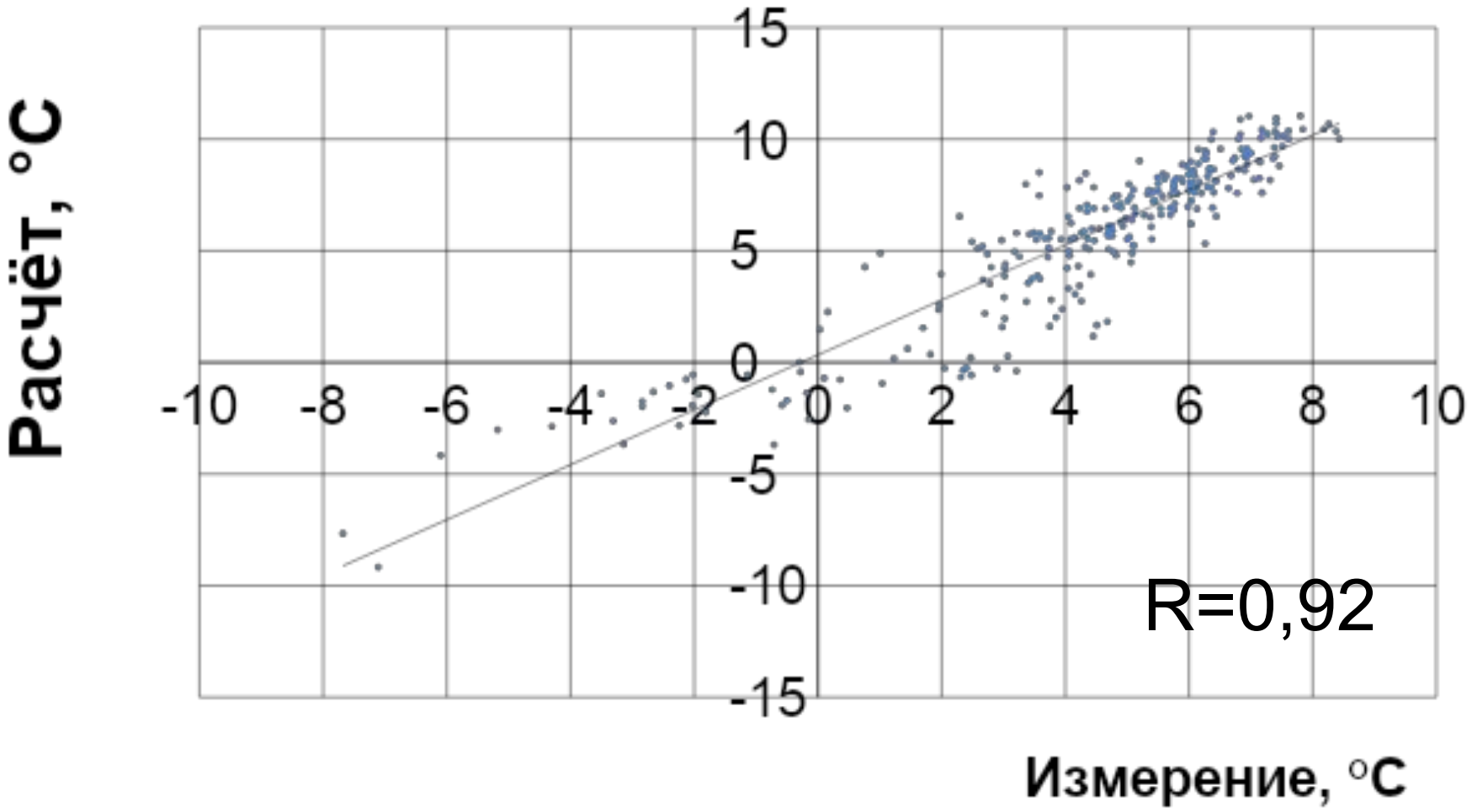
Ранжированные по возрастанию тренды температуры на глубине 3.2 м за период 1980–2018 гг. по данным метеостанций



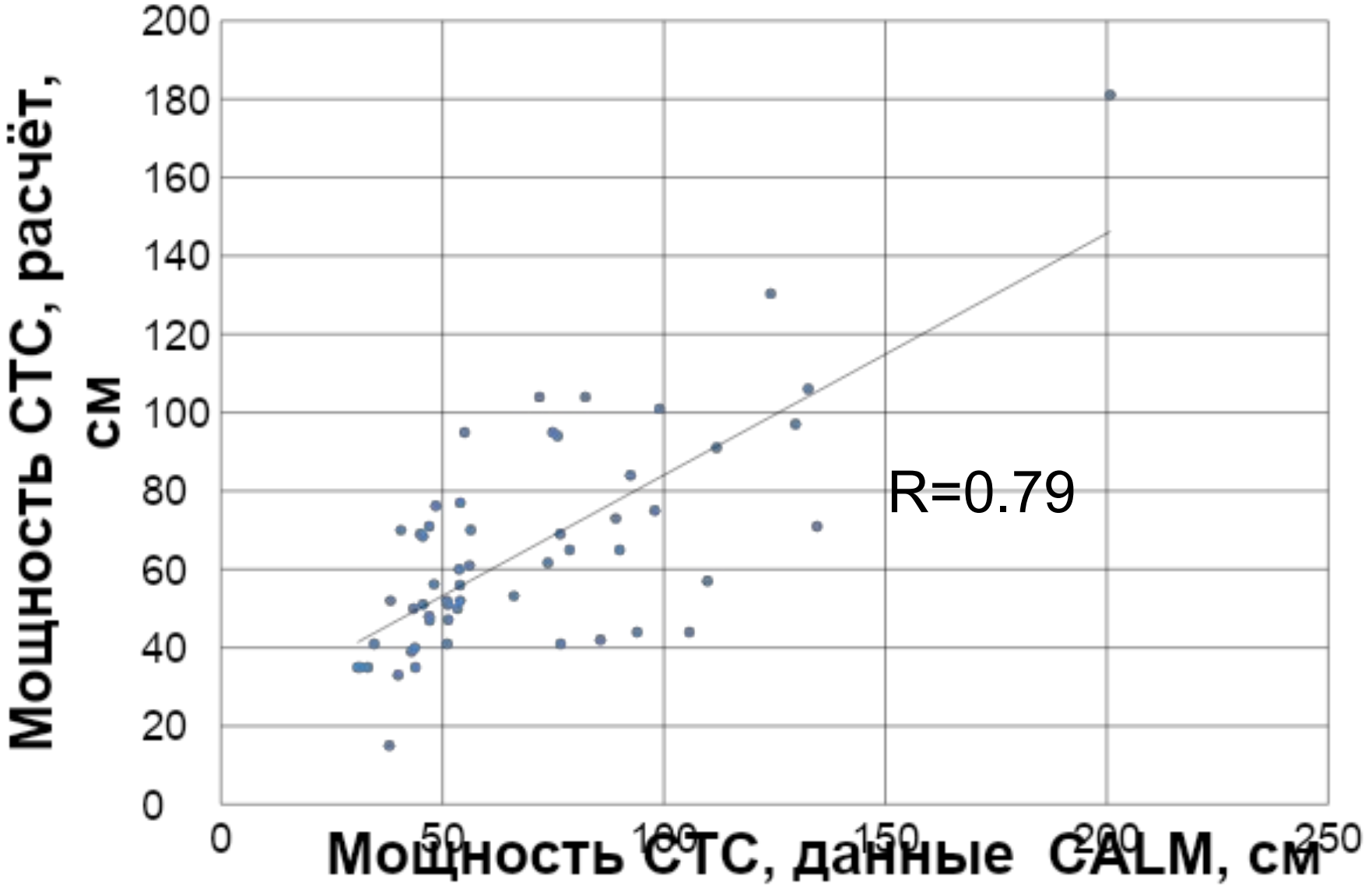
Ранжированный по возрастанию тренд СТС на 45 площадках CALM, 2004-2018 гг.



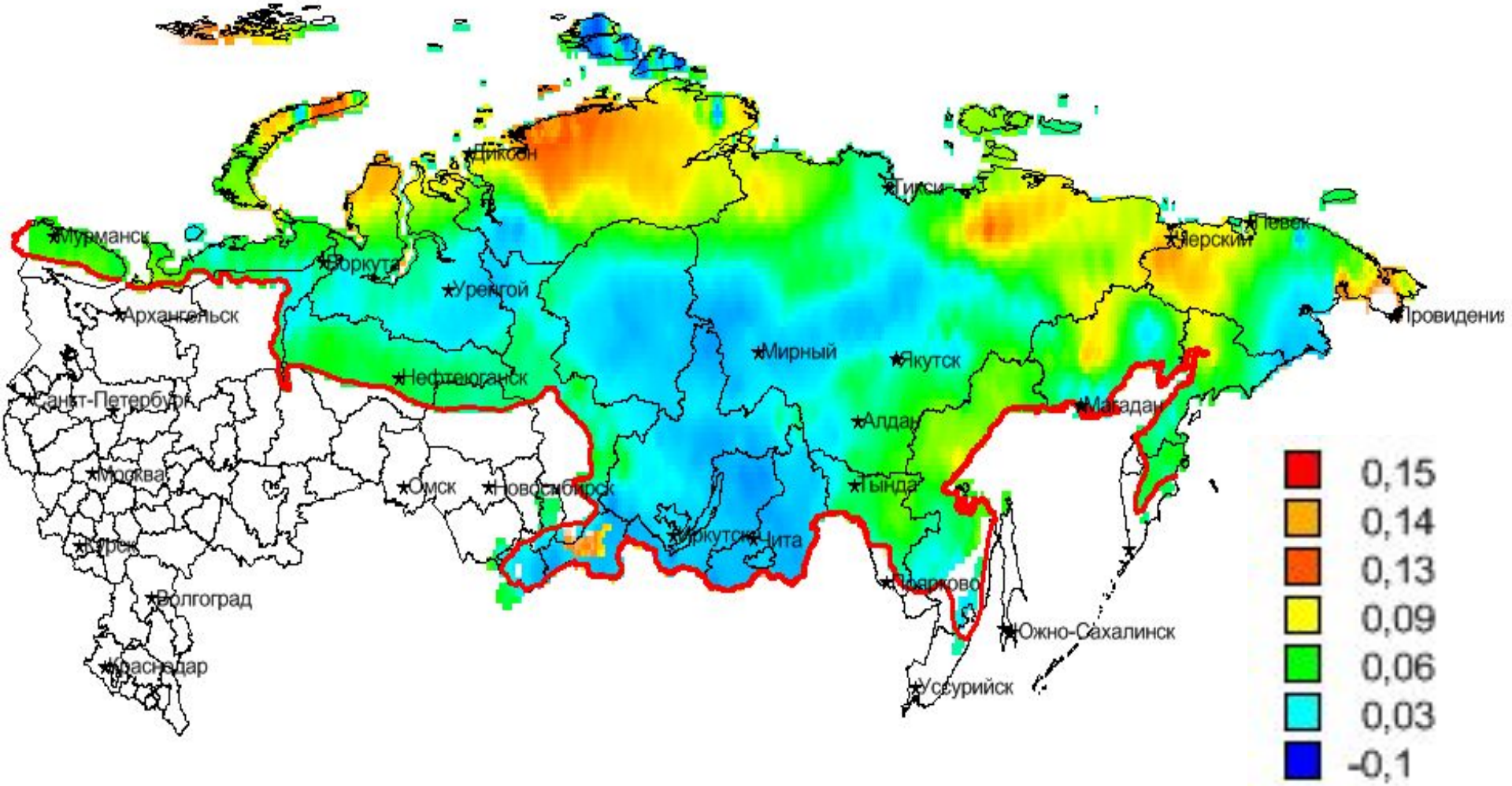
Сравнение измеренных и расчетных среднегодовых температур грунта на глубине 3,2 м



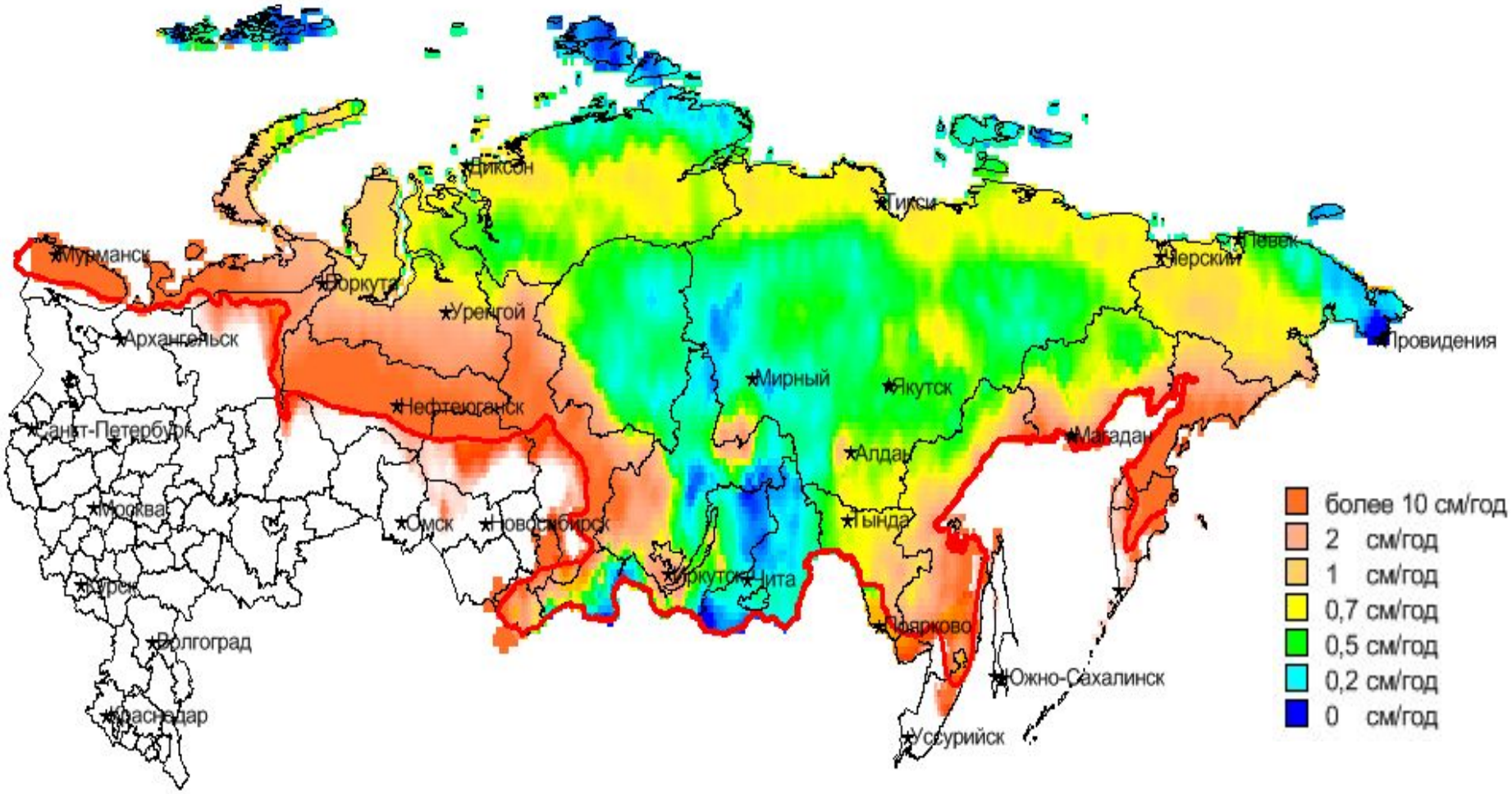
Сравнение расчетов и наблюдений СТС на площадках CALM



Тренд температуры почвы на глубине 3.2 м за период 1990-2018. Расчет для супесчаной почвы.



Тренд СТС, расчет для суглинка по данным 1990-2018 гг.



Средняя величина тренда СТС по данным CALM 0.87см/год,
по данным реанализа 1.1см/год

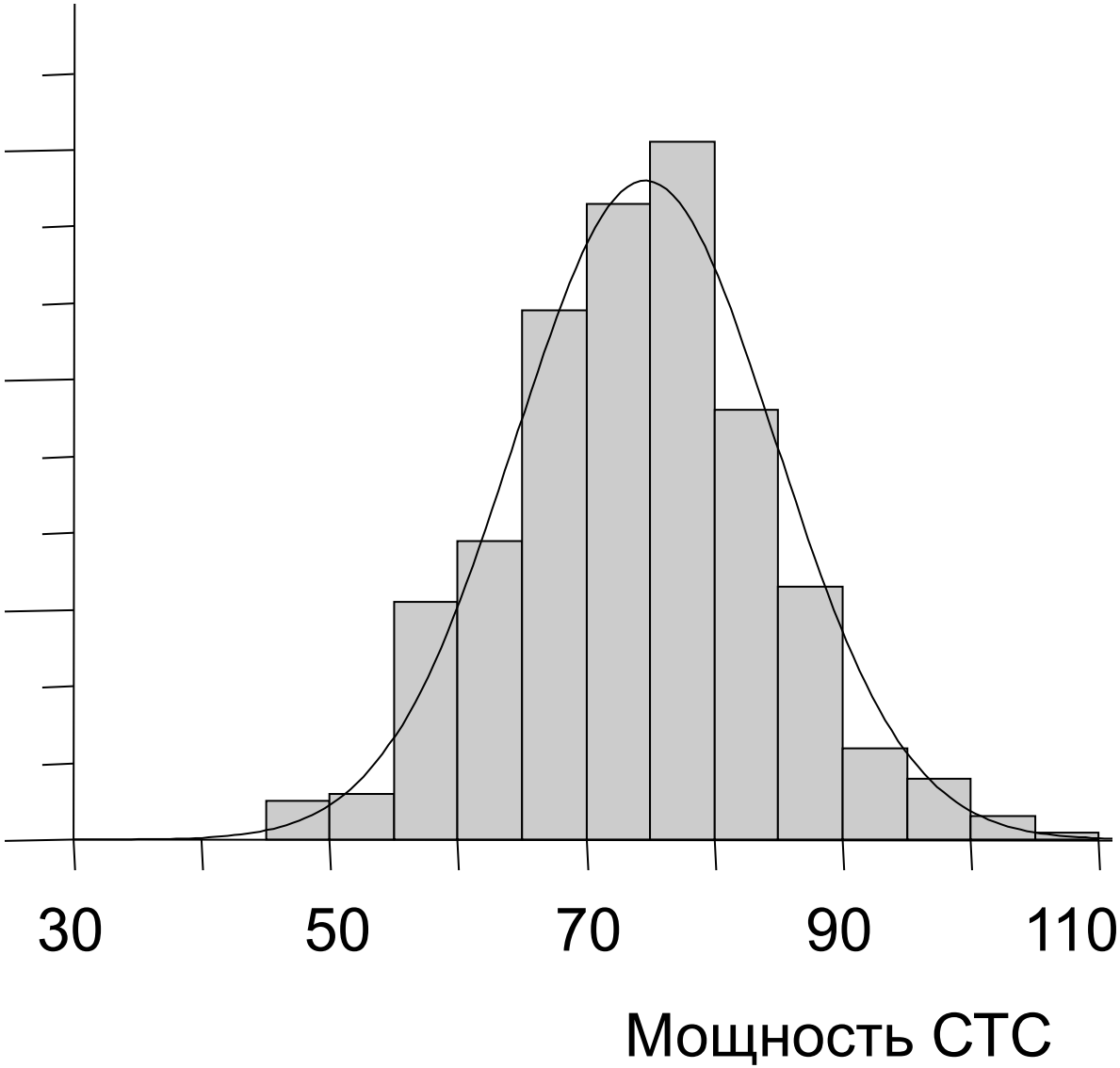
Расчетная мощность СТС на начало 1990-х гг.

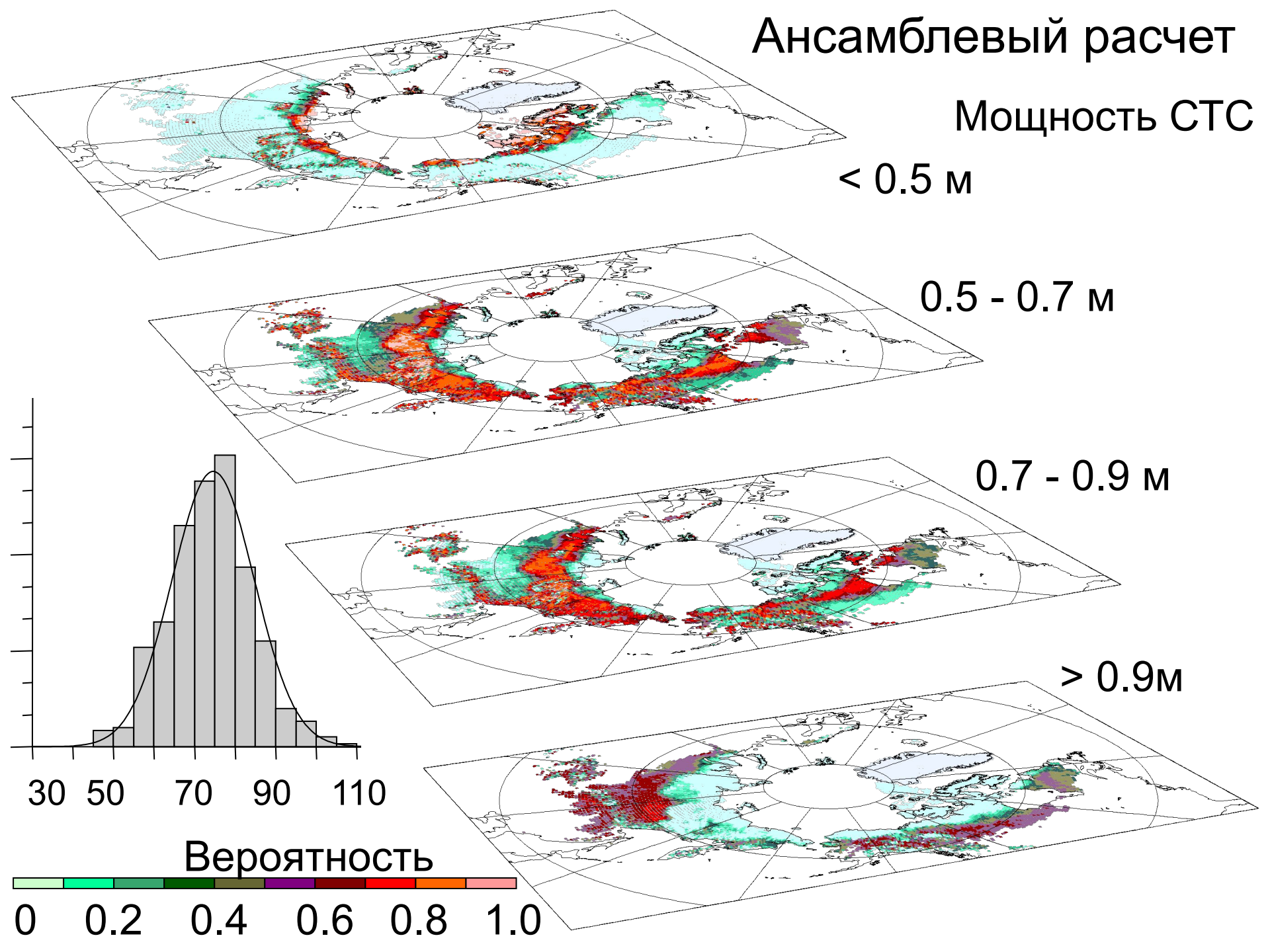
Песок

Суглинок

Торфяники

Учет мелкомасштабной изменчивости




Ансамблевый расчет
Мощность СТС
< 0.5 м
0.5 - 0.7 м
0.7 - 0.9 м
> 0.9м
30 50 70 90 110
Вероятность
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

Выводы

- При существующей системе мерзлотных наблюдений реанализ является безальтернативным методом обеспечения данными большинства актуальных задач.
- Накопленные данные позволяют провести калибровку модели ММГ высокого уровня комплицированности.
- Коэффициенты корреляции расчетов с наблюдениями в целом по криолитозоне составляют 0,92 для температуры грунта и 0,79 для мощности СТС.
- Ансамблевые расчеты позволяют учесть мелкомасштабную изменчивость параметров ММГ и получить вероятностные оценки температуры и СТС.