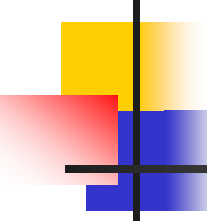


Обеспечение устойчивого развития топливно-энергетического комплекса северных регионов России в условиях изменения природной среды и климата



Клименко В. В., член-корр. РАН, докт. техн. наук, профессор,
Терешин А. Г., докт. техн. наук,
Микушина О. В., канд. техн. наук
Московский энергетический институт (технический университет)

Минобрнауки России – НП «ИНКО» – РГУНГ им. И.М.Губкина
15 декабря 2010 г.



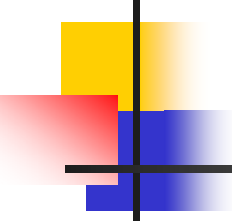
НИР «Создание научной базы для устойчивого развития топливно-энергетического комплекса северных регионов России в условиях изменения природной среды и климата»

Цель проекта - разработка научных основ формирования долгосрочной программы устойчивого развития экономики северных регионов России, в первую очередь, нефтегазового комплекса, в условиях изменений природной среды и климата.



Основные результаты

- Комплекс моделей для прогнозирования изменений климата и динамики состояния многолетнемерзлых пород.
- Система методов для оценки надежности объектов нефтегазового комплекса России в условиях климатических изменений.
- Прогнозная оценка изменений климата и динамики криолитозоны Западной Сибири на период до 2050 г.
- Прогнозная оценка негативных последствий для инфраструктуры ТЭК северных регионов России, связанных с изменением климата.
- Основные направления адаптационных мероприятий в энергетической отрасли по предотвращению ущерба от изменений климата.



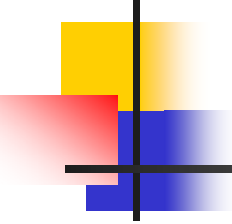
Комплекс моделей для прогнозирования изменений климата и динамики состояния многолетнемерзлых пород

- Региональная климатическая модель для территории основных российских месторождений нефтегазового сырья (северная часть Западной Сибири) (МЭИ)
- Модернизированная модель тепло- и гидрофизических процессов в многолетнемерзлых породах климатической модели промежуточной сложности (ИФА РАН)
- Блок расчета прикладных климатических характеристик «Энергоклим» (МЭИ)
- Геокриологическую модель теплового взаимодействия инженерных сооружений с вечноммерзлыми грунтами WARM (МГУ)
- Специализированные базы данных



Особенности региональной климатической модели МЭИ

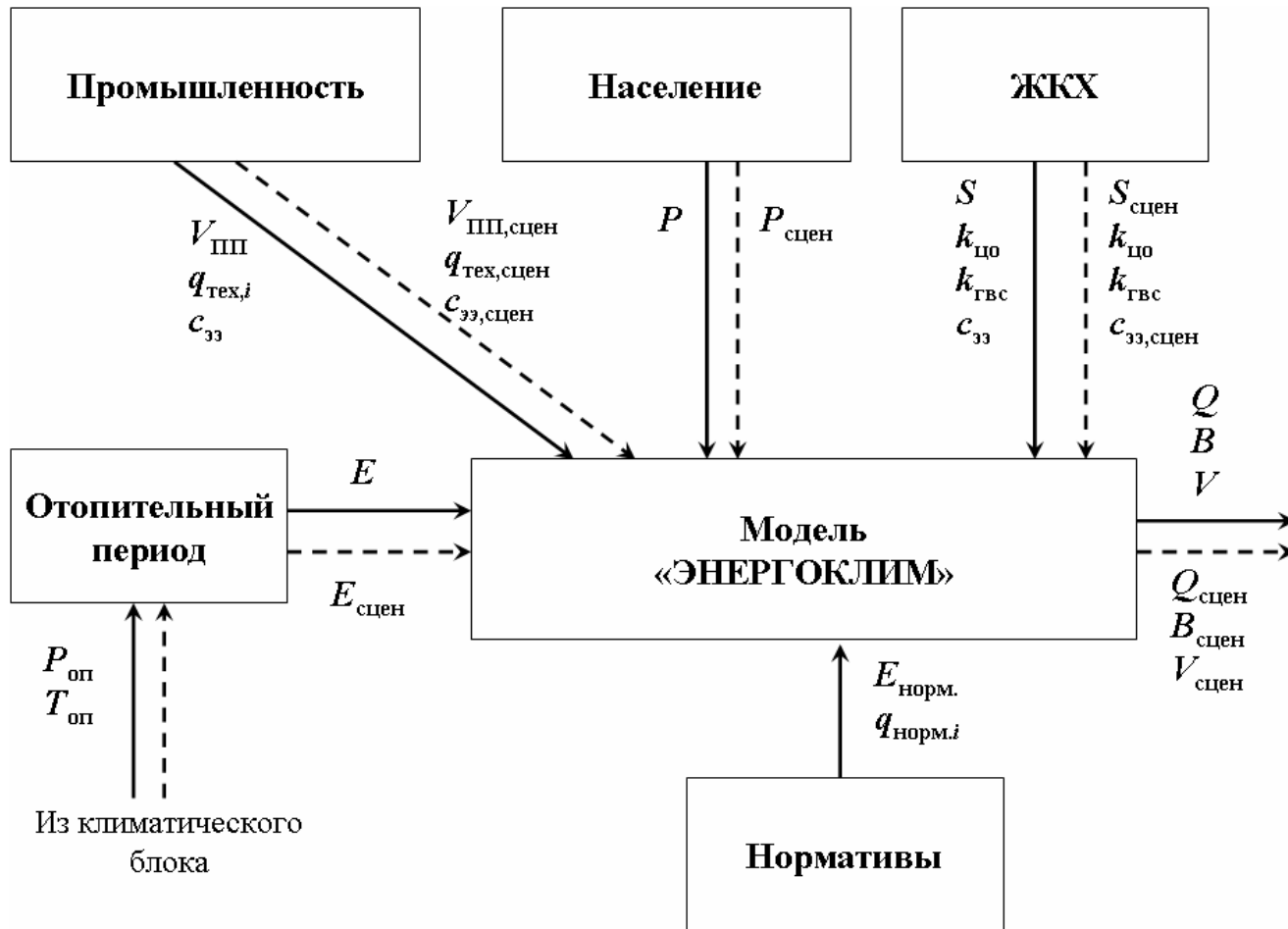
- Сочетание принципов динамического и статистического моделирования
- Использование большого объема геофизической информации
- Хорошее воспроизведение динамики климата за весь исторический период
- Умеренные требования к вычислительным ресурсам

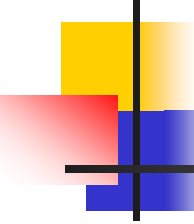


Преимущества нового блока процессов теплообмена в почве КМ ИФА

- - хорошо воспроизводит характерные особенности зависимости основной гидрофизической характеристики (ОГХ) почвы от влажности (S-образная форма кривой; наличие участка, на котором влажность с понижением потенциала от давления барботирования до нуля почти не меняется; при малых значениях влажности дифференциальная влагоёмкость стремится к нулю);
- - использование новой параметризации в сочетании с капиллярной моделью гидравлической проводимости Муалема позволяет рассчитывать гидрофизические характеристики для широкого спектра различных типов почв;
- - использование большого объема информации о характерных значениях используемых параметров — обратной величине барботирования и индекса распределения размеров пор.

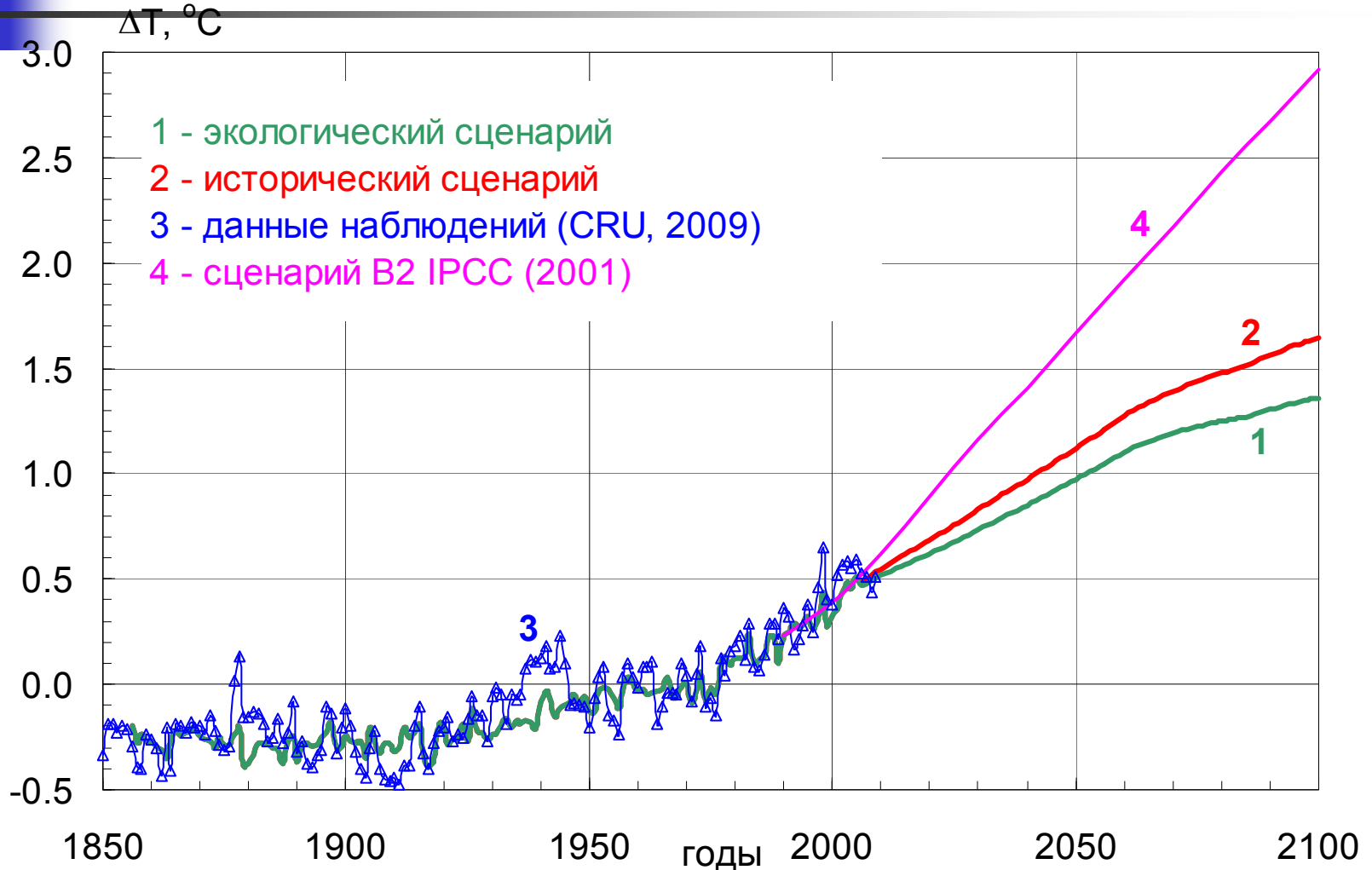
Блок расчета прикладных климатических характеристик «Энергоклим»



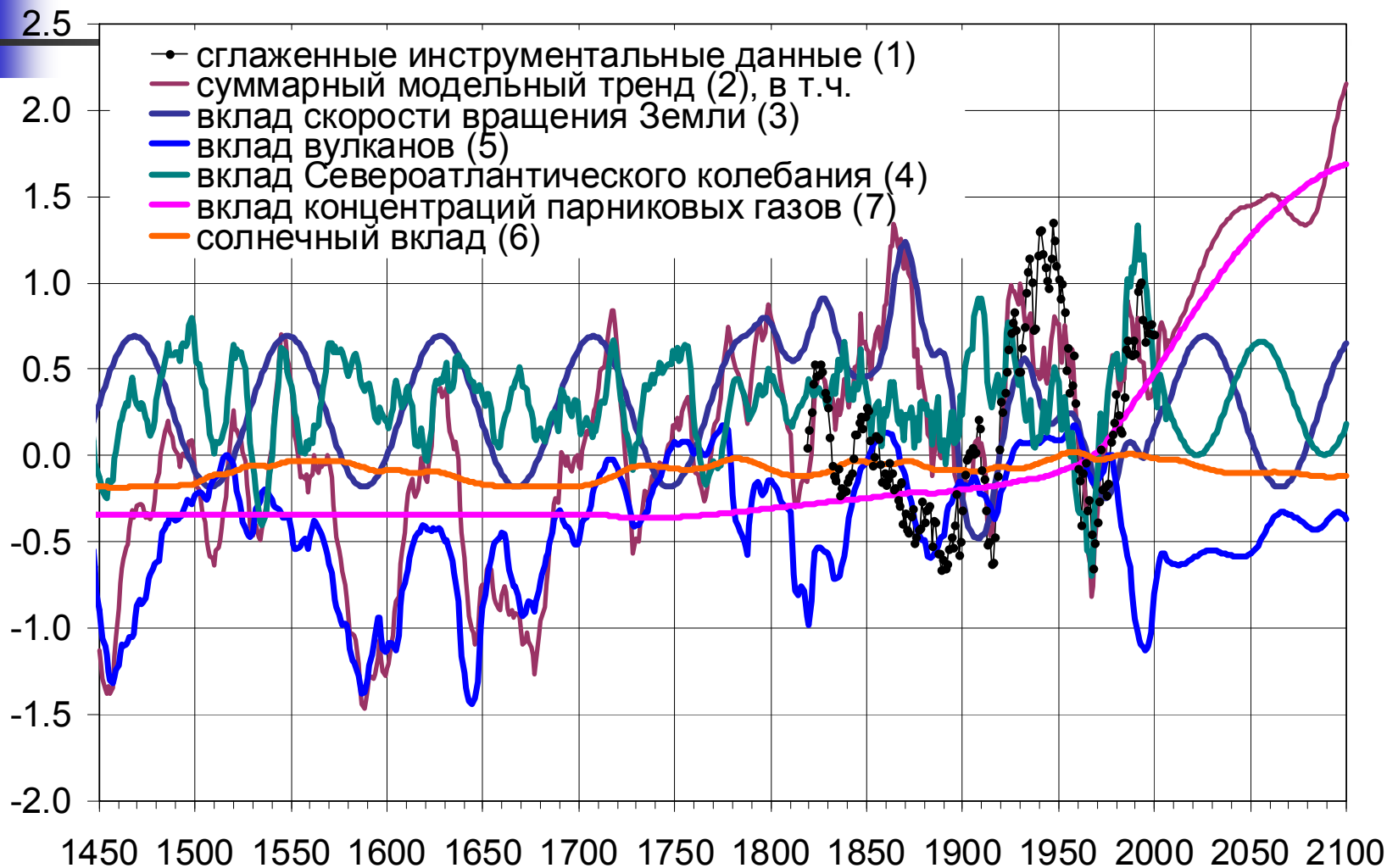


Прогнозная оценка
изменений климата и
динамики
криолитозоны
Западной Сибири на
период до 2050 г.

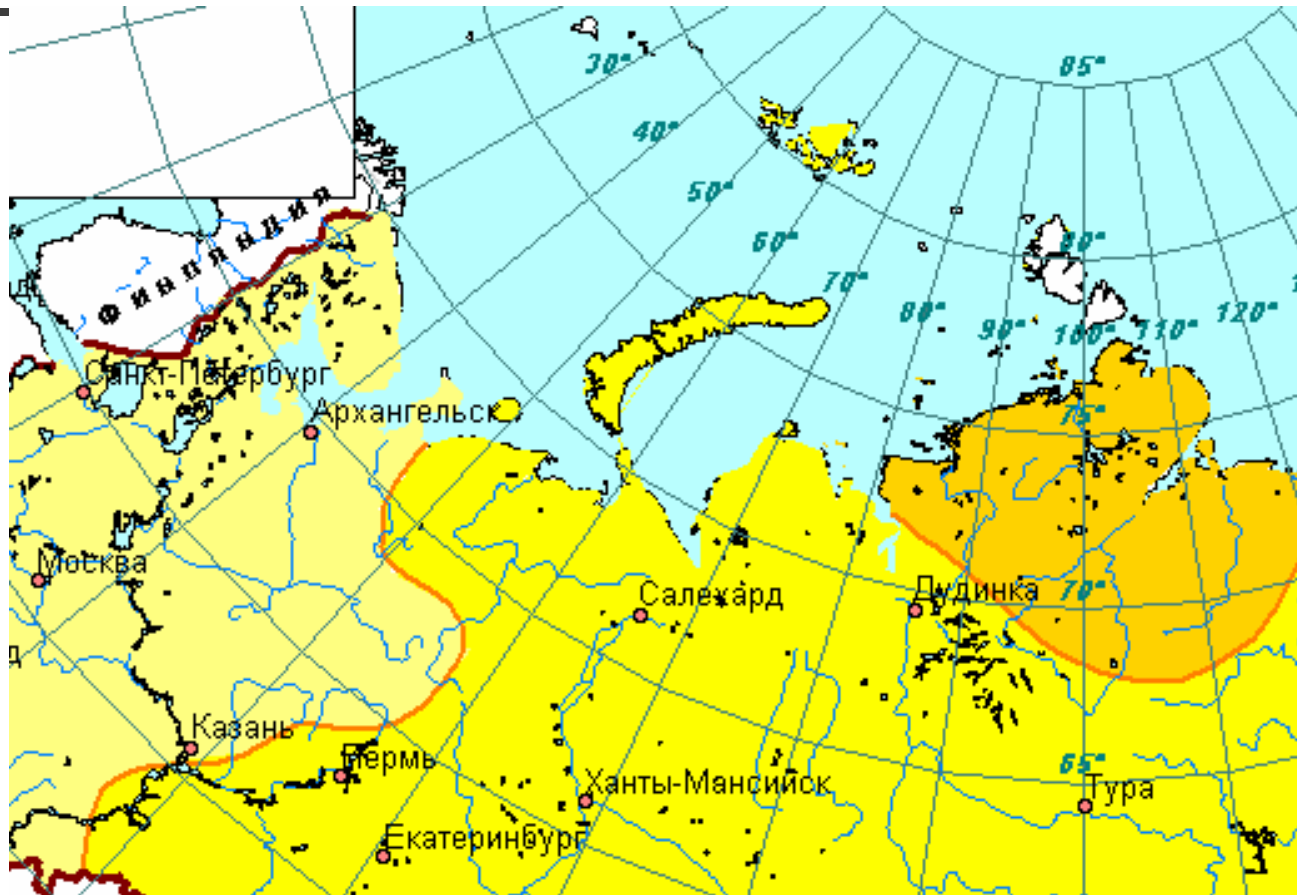
Изменения среднеглобальной температуры в 1850-2100 гг.






Изменение среднегодовых температур в бассейне Карского и Белого морей



Уменьшение к 2050 г. дефицита тепла (градус сутки)



 < 800  800 – 1200  > 1200

Средние за период 2091–2100 гг. глубины сезонного протаивания (в метрах) КМ ИФА



а



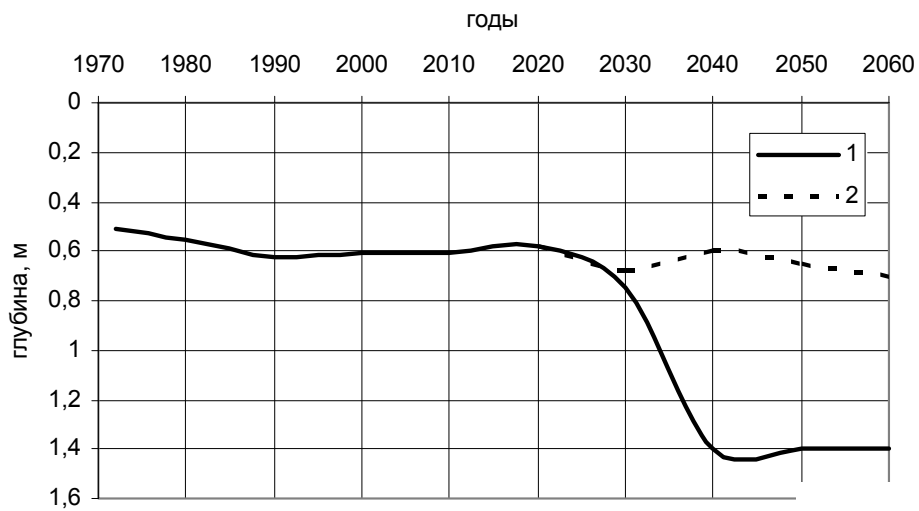
б



Сценарий GEPL-2005

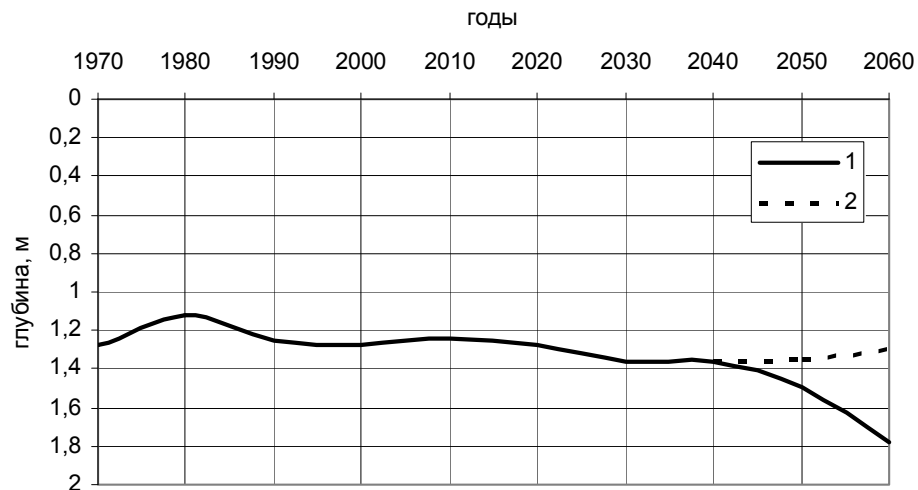
Сценарий GEPL-Kyoto

Изменение глубин сезонного и многолетнего оттаивания (1) и сезонного промерзания грунтов (2)

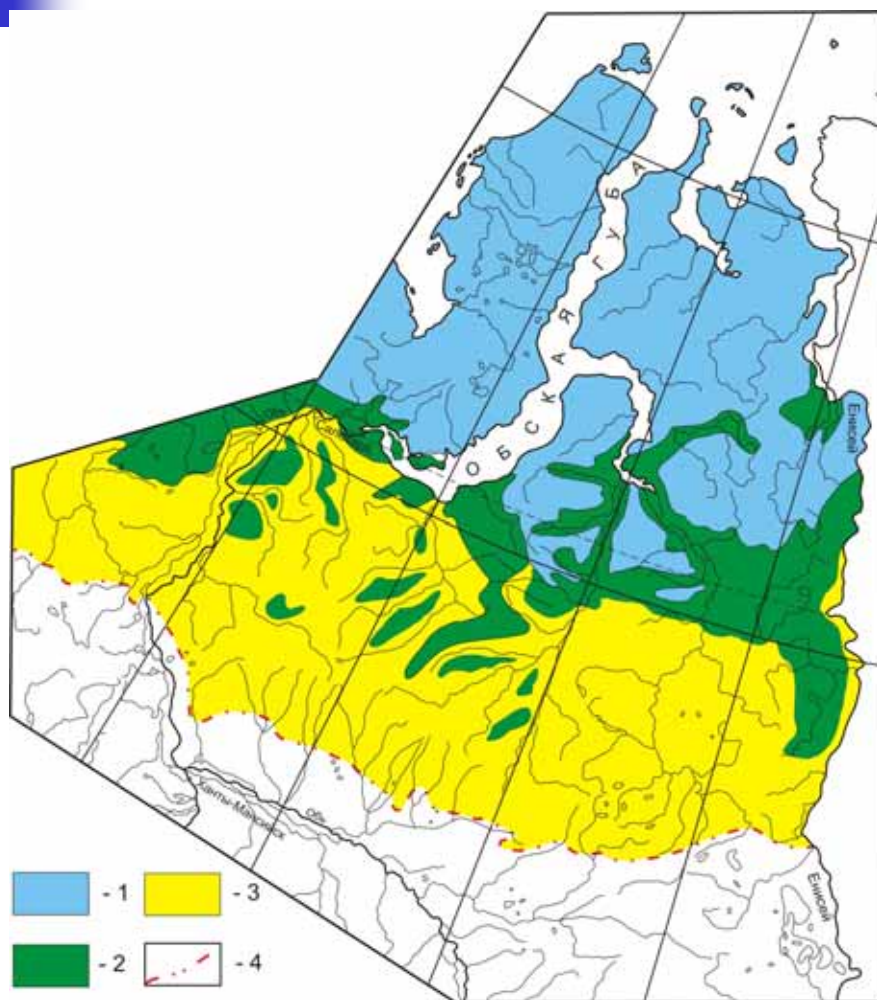


Надым

Туруханск



Прогнозная карта реакции многолетнемерзлых горных пород на изменение климата в северной части Западной Сибири к 2050 г.

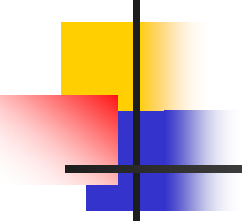


1 – область, где среднегодовая температура ММП не повысится выше -3°C , многолетнее оттаивания пород не происходит, глубина сезонного оттаивания может увеличивается до 20 %;

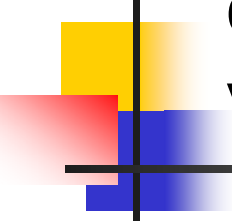
2 - территории, где среднегодовая температура ММП не повысится выше 0°C , многолетнее оттаивание пород не происходит, глубина сезонного оттаивания в естественных ландшафтах увеличится на 30 – 50 %.

3 - территории, где среднегодовая температура вблизи кровли ММП становится положительной, глубина многолетнего оттаивания в зависимости от состава, свойств пород и тренда антропогенного повышения температуры воздуха составит 1,5 – 4 м;

4 – южная граница распространения многолетнемерзлых пород



Прогнозная оценка
негативных последствий
для инфраструктуры ТЭК
северных регионов
России, связанных с
изменением климата.



Система методов для оценки надежности объектов нефтегазового комплекса России в условиях климатических изменений.

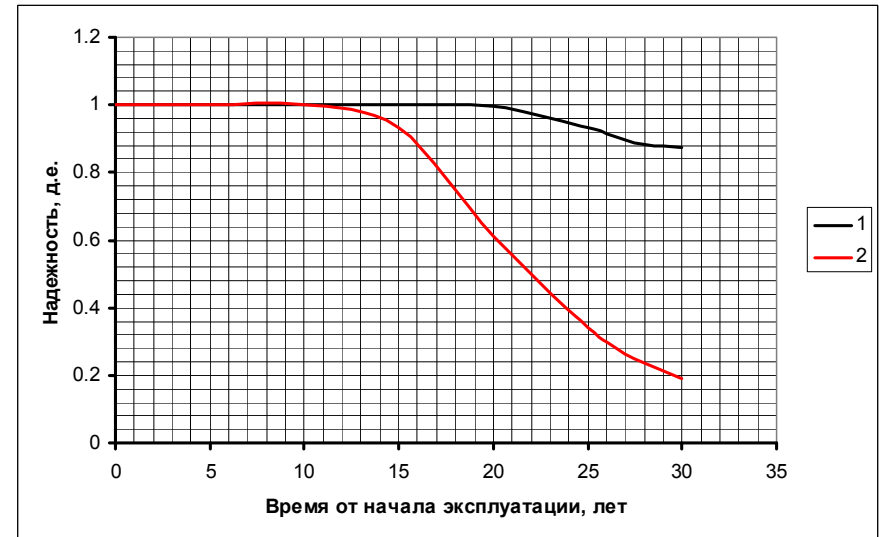
- метод оценки надежности основания здания на мерзлых грунтах в условиях глобального изменения климата
- - метод оценки надежности трубопроводов при надземной прокладке
- - метод оценки надежности трубопроводов при подземной прокладке
- - метод оценки опасности аварий и цены риска


Снижение несущей способности вечномерзлого основания столбчатого фундамента сооружений, построенных по традиционному принципу в районе г.Воркута и г.Надым

Район		Годы		
		1980	2030	2090
Воркута	Среднегодовая температура грунта, °С	-1,26	-0,52	-0,17
	Снижение несущей способности, %	0	33	56
Надым	Среднегодовая температура грунта, °С	-1,64	-0,51	-0,17
	Снижение несущей способности, %	0	40	61

Надежность основания над- и подземного нефтепровода Ванкор – Пурпе без учета (1) и с учетом (2) изменения климата

МІСЛІ Глобальні проблеми енергетики МЭІ





Основные направления адаптационных мероприятий в энергетической отрасли по предотвращению ущерба от изменений климата.

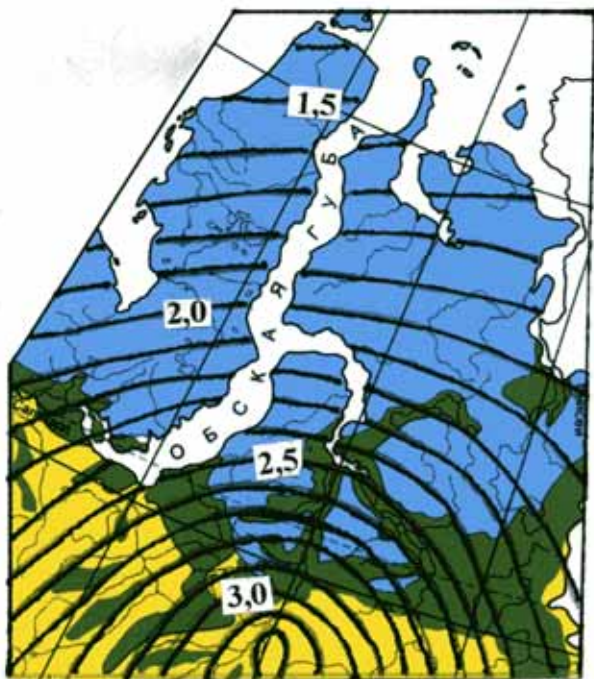
В качестве адаптационных мероприятий, связанных с потеплением климата, для объектов ТЭК в криолитозоне рекомендуется:

- - на стадии проектирования — увеличение опорной части фундаментов;
- - на стадии эксплуатации — применение охлаждающих подсыпок.

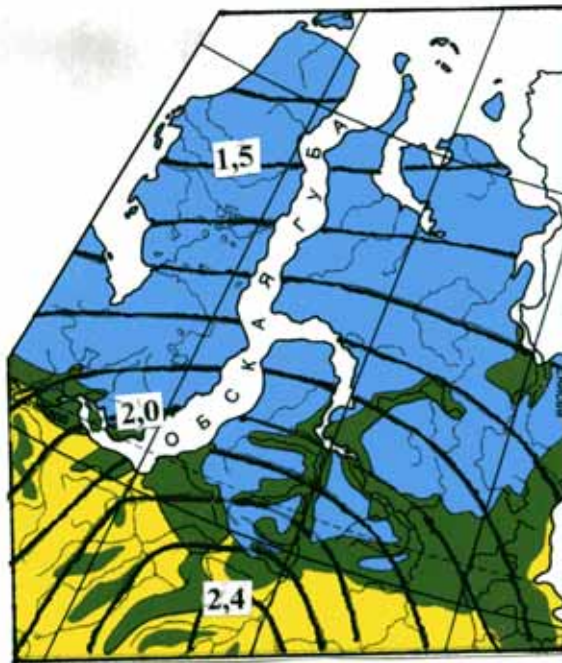
Коэффициент надежности опорной части свайного фундамента с учетом (K_H) и без учета (K_{H0}) климатических изменений

Название	Длина свай 6 м		Длина свай 8 м		Длина свай 10 м		Длина свай 12 м	
	K_H	K_H	K_H	$K_{H,0}$	K_H	$K_{H,0}$	K_H	$K_{H,0}$
метеостанции								
Остров Белый	1.32	1.33	1.23	1.24	1.17	1.18	1.13	1.14
Марре-Сале	1.65	1.53	1.50	1.37	1.39	1.27	1.33	1.21
Салехард	1.93	1.57	1.66	1.39	1.51	1.29	1.41	1.22
Туруханск	2.15	1.77	1.85	1.55	1.66	1.40	1.54	1.30
Надым	2.63	1.39	2.22	1.28	1.97	1.21	1.79	1.16
Тарко-Сале	3.26	1.88	2.45	1.59	2.06	1.43	1.81	1.32
Полуй	2.40	1.56	1.98	1.39	1.75	1.29	1.62	1.23

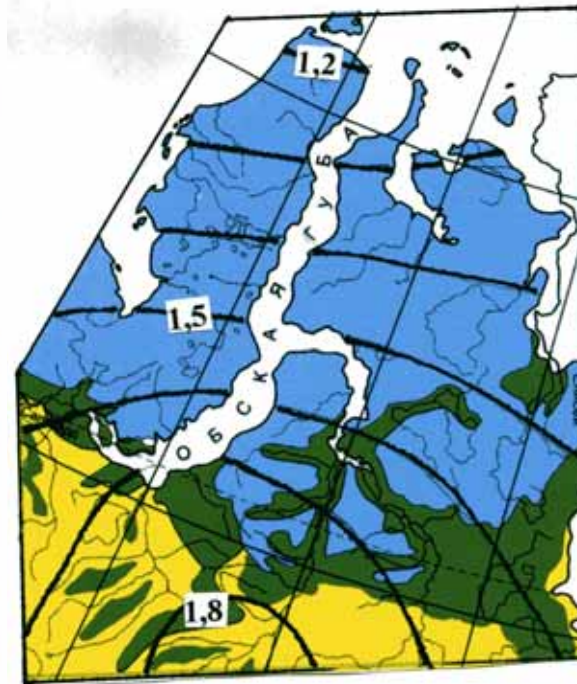
Изолинии Кн на территории Западной Сибири



Сваи 6 м

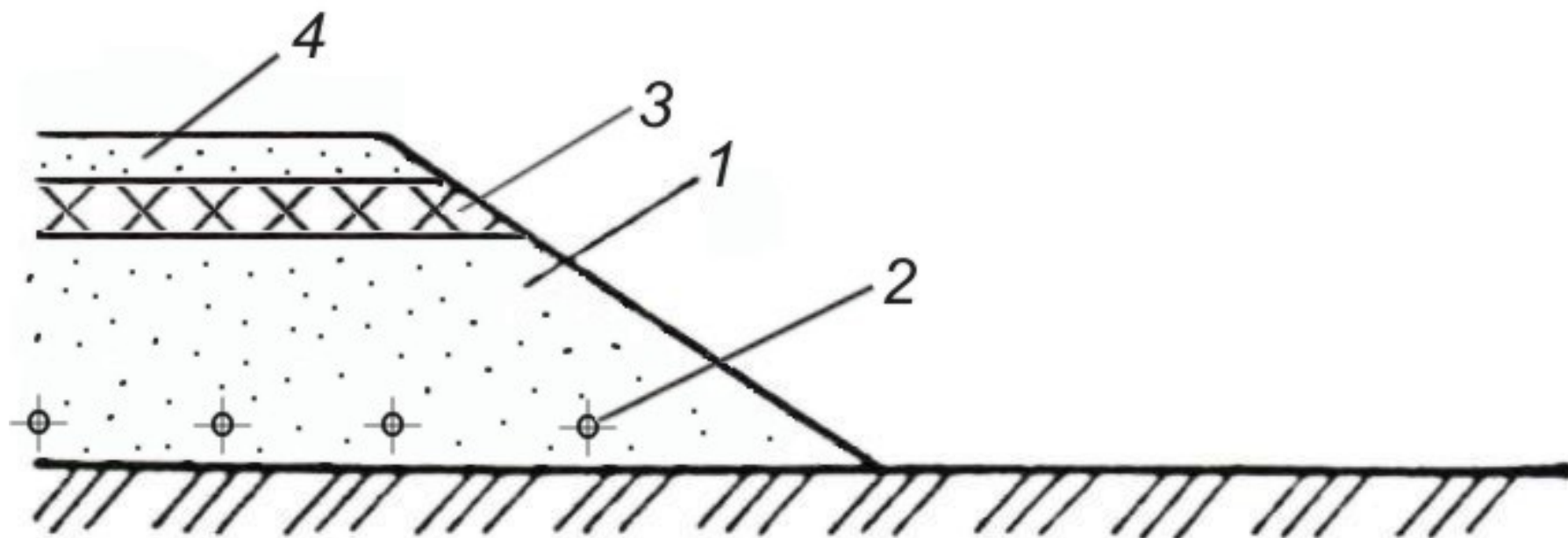


Сваи 8 м

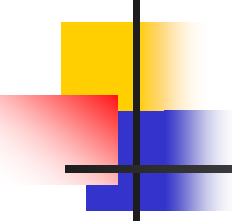


Сваи 12 м

Охлаждающая подсыпка

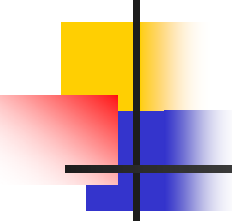


1 — песчаная насыпь; 2 — охлаждающая система; 3 — теплоизолятор; 4 — защитный слой



Проект технического задания на ОКР/ОТР

«Разработка аппаратно-программного комплекса для мониторинга, диагностики, прогнозирования ресурса и защиты оснований зданий и сооружений, расположенных на многолетнемерзлых грунтах»



Комплекс предназначен для решения следующих задач:

- мониторинга и сбора информации о состоянии территориально-распределенных объектов зоне многолетнемерзлых грунтов;
- моделированию и прогнозирования состояния оснований зданий и сооружений, расположенных на многолетнемерзлых грунтах на период всего жизненного цикла объектов.
- информационного обеспечения проектирования новых зданий и сооружений для зон многолетнемерзлых пород
- оценки остаточного ресурса оснований зданий и сооружений, расположенных на многолетнемерзлых грунтах
- управления системами жизнеобеспечения зданий и сооружений, расположенных на многолетнемерзлых грунтах;
- обеспечения защиты оснований эксплуатируемых зданий и сооружений, расположенных на многолетнемерзлых грунтах

Область применения результатов НИР

- Результаты этапа предназначены для использования в организациях, ответственных за формирование и реализацию долгосрочных программ устойчивого развития северных территорий России, в первую очередь, нефтегазового комплекса.
- Потенциальные потребители результатов этапа НИР – Министерство энергетики, Министерство транспорта, Министерство природных ресурсов и экологии, компании нефтегазового комплекса, региональные энергосистемы, научно-исследовательские организации

Форма коммерциализации результатов проекта

- Выполнение прикладных научно-технических работ для заинтересованных организаций, выполняющих проектирование новых и модернизацию и эксплуатацию существующих объектов нефтегазового, энергетического и строительного комплекса, расположенных в северных регионах России. Ежегодный объем подобных услуг оценивается в 1–2 млн рублей.
- Продажа лицензий на разработанные базы данных и программное обеспечение
- Выполнение ОКР с последующим тиражированием продукции

Достижение заданных значений программных индикаторов по тематике проекта

показатель	достигнуто	Требование ТЗ
Статьи в научных журналах и сборниках	13	9
Объекты интеллектуальной собственности	4	4
Диссертации	2	2
Молодые ученые	8	7
Внебюджетное финансирование	1.66 млн руб.	1.64 млн руб.



Публикации по результатам проекта 2010

1. Клименко В. В., Терешин А. Г. Мировая энергетика и глобальный климат после 2100 г. // Теплоэнергетика. Т. 46. № 12. С. 19-25.
2. Хон В. Ч., Мохов И.И. Климатические изменения в Арктике и возможные условия арктической морской навигации в XXI веке // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 1. С. 19-25.
3. Хрусталева Л.Н., Чербунина М.Ю. Методика оценки надежности магистральных нефтепроводов // Криосфера Земли. 2010. Том XIV, № 3. С. 69-76
4. Аржанов М.М., Демченко П.Ф., Елисеев А.В., Мохов И.И. Моделирование осадки оттаивания многолетнемерзлых грунтов Северного полушария в XXI веке // Криосфера Земли. 2010. Том XIV, № 3. С. 37-42.
5. Денисов С. Н., Елисеев А.В., Мохов И.И. Оценка изменений эмиссии метана болотными экосистемами Северной Евразии в XXI веке с использованием результатов расчетов с региональной моделью климата // Метеорология и гидрология. 2010. № 2. С. 55-62.
6. Klimenko V. V., Tereshin A. G. World energy and climate in the twenty-first century in the context of historical trends: clear constraints to the future growth // Journal of Globalization Studies. 2010. Vol. 1 No. 2, P. 30–43.

Публикации по результатам проекта 2009

1. Клименко В. В. Климат: непрочитанная глава истории. М. Изд. дом МЭИ, 2009. 408 с.
2. Klimenko V. V. A composite reconstruction of the Russian Arctic climate back to A.D. 1435 // The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview (edited by R. Przybylak, J. Majorowicz, R. Brázdil, and M. Kejna). Berlin: Springer Verlag, 2010. P. 295-326.
3. Klimenko V. V., Solomina O. N. Climatic variations in the East European Plain during the last millennium: state-of-the-art // The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview (edited by R. Przybylak, J. Majorowicz, R. Brázdil, and M. Kejna). Berlin: Springer Verlag, 2010. P. 71–101.
4. Безносова Д. С., Терешин А. Г., Клименко В. В. Развитие энергетики России в XXI столетии в условиях экологических и ресурсных ограничений // Тр. IX Межд. Симп. «Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития». М.: МГУИЭ, 2009.
5. Елисеев А. В., Аржанов М. М., Демченко П. Ф., Мохов И. И. Изменения климатических характеристик суши внетропических широт Северного полушария в XXI веке: оценки с климатической моделью ИФА РАН // Изв.РАН. Физика атмосферы и океана 2009. Т.45, № 3. С.291-304.
6. Елисеев А. В., Мохов И. И. Модельные оценки эффективности ослабления и предотвращения глобального потепления климата в зависимости от сценариев контролируемых аэрозольных эмиссий в стратосферу // Изв.РАН. Физика атмосферы и океана. 2009. Т. 45, № 2. С.232-244
7. Елисеев А. В., Мохов И. И., Карпенко А. А. Предотвращение глобального потепления с помощью контролируемых эмиссий аэрозолей в стратосферу: глобальные и региональные особенности отклика температуры по расчетам с КМ ИФА РАН // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22, № 6. С.521-526.



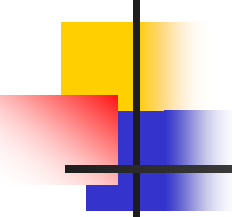
Диссертации по теме проекта

Аржанов М. М. "Моделирование влияния климатических изменений на фазовое состояние воды в грунте".

Дисс. ... канд. физ.-мат. наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Защита состоялась 21.05.2009 г. в дисс. совете Д.501.001.63 при Физическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова.

Терешин А. Г. «Глобальные и региональные аспекты взаимосвязей в системе «энергетический комплекс — окружающая среда». Дисс. ... докт. техн. наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы». Защита состоялась 24.06.2010 г. в дисс. совете Д.212.157.14 при ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»



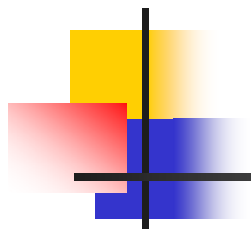
Объекты интеллектуальной собственности по теме проекта

- База данных по прикладным климатическим характеристикам регионов России и стран СНГ «GEPL – Region climate» (заявка на гос. рег-ию № 2010620533 от 16.09.2010 г.).
- База данных по палеоклиматическим реконструкциям для Российской Арктики «GEPL - PaleoArctic» (св-во о рег. № 2009620519 от 15.10.2009 г.)
- База данных по выбросам CO₂ при теплоснабжении регионов России «GEPL – REGION EMISSION» (св-во о рег. № 2009620456 от 16.07.2009 г.)
- База данных по эмиссии оксидов серы и азота в атмосферу «GEPL – Emission_Pollutants» (св-во о рег. № 2010620443 от 29.07.2010 г.)



Внебюджетное финансирование проекта

- *Исследование возможностей прогнозирования климатических характеристик холодного периода для нужд энергетики. Договор с ЗАО «АПБЭ» № 2276080 от 30.09.2008 г.*
- *Моделирование и прогнозирование прикладных климатических характеристик, используемых при прогнозировании потребления теплоты и электроэнергии в городе Петропавловске-Камчатском. Договор с ОАО «ВНИПИэнергопром № 2002090 от 15.01. 2009 г.*
- *Исследование влияния климатических изменений на теплоснабжение северных регионов европейской части России. Договор с ЗАО «НТЦ АТ «ФОРИНТЕК» №2249090 от 02.11.2009 г.*



Спасибо за внимание!