

ВУЗ: УРФУ

План проекта № 04 от 01.08.2016

## 01 Код предварительного предложения

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Код предварительного предложения | SP-2016-1-UrFU-04 |
|----------------------------------|-------------------|

## 02 Инициаторы проекта

## 02.1 Наименование университета

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Наименование университета | Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» |
|---------------------------|--|

## 02.2 Стратегические академические единицы (далее САЕ) - инициаторы проекта

|  |
|--|
| <b>САЕ</b>   |
| Школа естественных наук и математики   |
| Инженерная школа информационных технологий, телекоммуникаций и систем управления |

## 03 Название, предметная область и тип проекта

## 03.1 Название проекта

|                  |   |
|------------------|---|
| Название проекта | Комплексная система климато-экологического мониторинга, разработка и организация производства новой техники и мультимасштабное моделирование состояния криосистемы Российской Арктики |
|------------------|---|

## 03.2 Ключевая идея (слоган) проекта

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Ключевая идея (слоган) проекта | Создание системы мониторинга, моделирование климата и состояния вечной мерзлоты в Арктике – научный базис для принятия стратегических решений при ее освоении |
|--------------------------------|---|

## 03.3 Предметная область проекта

## 03.3.1 Предметная область проекта по классификации Scopus

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Предметная область</b>        |
| 2306.Global and Planetary Change |
| 2611.Modelling and Simulation    |
| 2300.Environmental Science(all)  |
| 2302.Ecological Modelling        |

## 03.3.2 Предметная область проекта по предметным категориям Web of Science Core Collection

|                                    |
|------------------------------------|
| <b>Предметная область</b>          |
| Geosciences, Multidisciplinary     |
| Remote Sensing                     |
| Meteorology & Atmospheric Sciences |
| Environmental Sciences             |

## 03.4 Тип проекта

| Приоритет | Тип проекта   | Организация - партнер   | Ссылка на код предварительного предложения партнера |
|-----------|---|---|---|
| 01        | Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS   | Университет Токио   |   |
| 01        | Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS   | Швейцарский институт технологии Лозанны   |   |
| 01        | Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS   | Автономный университет Барселоны  |   |
| 02        | Научно-исследовательский с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с ведущими университетами Российской Федерации - участниками программы повышения конкурентоспособности вузов среди ведущих мировых научно-образовательных центров | Национальный исследовательский Томский государственный университет  |   |
| 03        | Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями   | Федеральное государственное унитарное предприятие "Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры" |   |
| 03        | Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями   | АО Уральское производственное предприятие ВЕКТОР  |   |
|           |   |   |   |

|    |   |   |  |
|----|---|---|--|
| 03 | Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями | АО "РАДИЙ"  |  |
| 04 | Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями                           | Институт криосферы Земли СО РАН                           |  |
| 04 | Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями                           | Институт математики и механики им.Н.Н.Красовского УрО РАН |  |
| 04 | Научно-исследовательский проект совместно с перспективными научными организациями                           | Институт промышленной экологии УрО РАН                    |  |

## 03.5 Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект

|   |  |
|---|--|
| Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект | Глобальное изменение климата - серьезнейший вызов века. Арктика наиболее подвержена климатическим изменениям. Около 60% территории РФ – зона вечной мерзлоты, в которой проживает ~ 2 млн. человек и имеется развитая нефтегазодобывающая инфраструктура. Грядущее потепление и масштабное таяние вечной мерзлоты имеет решающее значение для экономической и общественной жизни Арктики (экстремальная погода, разрушение инфраструктуры). Поэтому мониторинг и прогнозирование состояния криосистемы Арктики весьма актуальны. |
|---|--|

## 03.6 Ключевые слова проекта

|                       |
|-----------------------|
| <b>Ключевое слово</b> |
| Климат Арктики        |
| Вечная мерзлота       |
| Мониторинг            |
| Моделирование         |

## 03.7 Связь проекта с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации

|  |
|--|
| <b>Приоритетные направления развития</b> |
| Рациональное природопользование          |

## 03.8 Связь проекта с перечнем критических технологий Российской Федерации

|   |
|---|
| <b>Строка</b>   |
| Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения |
| Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера                |

## 04 Сроки реализации проекта

|  |        |
|--|--------|
| Предполагаемая дата начала проекта (квартал.гггг)    | 1.2017 |
| Предполагаемая дата окончания проекта (квартал.гггг) | 4.2021 |
| Общий срок реализации проекта (мес.)                 | 60     |

## 05 Общий объем финансирования за все время проекта

| №      | Финансовые средства   | (млн. руб.) | (%)    |
|--------|---|-------------|--------|
| 1      | Субсидия проекта повышения конкурентоспособности вузов (за все время проекта) (млн.руб) | 500,000     | 65,79  |
| 2      | Софинансирование проекта университетом (за все время проекта) (млн.руб)                 | 60,000      | 7,89   |
| 3      | Софинансирование проекта партнерами (за все время проекта) (млн.руб)                    | 200,000     | 26,32  |
| Итого: |   | 760,000     | 100,00 |

## 06 Научный руководитель проекта

|   |                      |
|---|----------------------|
| Фамилия                                       | Жузель               |
| Имя   | Жён                  |
| Отчество                                      | Целестин, Август     |
| Год рождения                                  | 1947                 |
| ID Scopus                                     | 7004954379           |
| Ученая степень                                | Doctor of Philosophy |
| Ученое звание                                 | Профессор            |
| Индекс Хирша                                  | 77                   |
| Трудовые отношения сотрудника с университетом | Договор ГПХ          |
| E-mail  | jouzel@lsce.ipsl.fr  |
| Телефон                                       | 33684759682          |

## 07 Научное содержание проекта

## 07.1 Цель, задачи и ожидаемый результат проекта

| № | Цель | Задача | Ожидаемый результат | Комментарий |
|---|------|--------|---------------------|-------------|
|   |      |        |                     |             |

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| 1 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий.</p>       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</li> <li>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</li> <li>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</li> <li>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</li> <li>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</li> <li>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</li> <li>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</li> </ol> | <p>Повышение концентрации парниковых газов в атмосфере Земли является механизмом, который вызывает потепление климата, с другой стороны, глобальное распределение парниковых газов является одним из наборов входных параметров для климатических моделей. Таким образом, поскольку только спутниковые данные обеспечивают полное глобальное покрытие данными о парниковых газах, то ассимиляция этих данных необходима для правдоподобного прогнозирования климата и состояния вечной мерзлоты в Российской Арктике.</p> |
| 2 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Созданные арктические (в г. Лабытнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</li> <li>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro L2130-i.</li> <li>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</li> </ol>  | <p>В последнее десятилетие активно развиваются модели общей циркуляции, учитывающие изотопное фракционирование изотопологов воды в процессах фазовых превращений. Это позволяет использовать измерения изотопного состава водяного пара в атмосфере, осадков, снега и льда в качестве трассеров качества работы моделей общей циркуляции атмосферы, что, в свою очередь, позволяет осуществлять более точную настройку моделей и улучшать ее прогностические свойства.</p>  |
|   |  |  |  |   |

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| 3 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири.</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</li> <li>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</li> <li>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso.</li> <li>8. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</li> <li>9. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</li> </ol> | <p>Актуальность данного результата двойная: во-первых результат представляет собой фактический материал, который продолжит уже собранный с 2011 года о состоянии мерзлоты, во-вторых материал послужит для верификации модулей климатических моделей ответственных за взаимодействие атмосферы и подстилающей поверхности.</p>  |
| 4 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха (не менее, чем на 6 разных уровнях за один полет) в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания (до 3 км) и доставка их на землю с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА).</li> <li>2. Бортовой измерительный комплекс, результаты измерений температуры, относительной влажности, давления. Погрешность измерений согласно требованиям Всемирной метеорологической организации (ВМО-№ 8, 2010).</li> <li>3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> <li>4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> </ol>  | <p>Комплекс для отбора проб воздуха с последующим анализом послужит цели накопления статистических ансамблей вертикальных профилей в атмосфере, которые будут востребованы как технологиями обращения спутниковых данных, так и использованы для верификации моделей общей циркуляции атмосферы. Вертикальные профили температуры и влажности, полученные радиометрическим и радиозондовым методами, позволят повысить точность обращения данных спектральных измерений ИК-диапазона.</p> |
|   |  |  |  |   |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| 5 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</li> <li>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</li> <li>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</li> <li>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</li> <li>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</li> </ol>  | <p>Результаты моделирования стохастической динамики климатической системы могут быть сравнены с усредненным выводом климатических моделей и результатами ретроспективного анализа, что позволит, с одной стороны, оценить правдоподобие стохастической модели, а с другой стороны, сделать выводы о характере климатического процесса с точки зрения стохастической динамики.</p>  |
| 6 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</li> <li>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</li> <li>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</li> <li>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</li> <li>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</li> <li>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</li> </ol> | <p>В настоящее время моделирование морского льда в рамках климатических моделей имеет существенные трудности, так что вместо моделирования морского льда, климатические модели зачастую используют результаты спутниковых наблюдений предыдущих лет. Улучшение понимания процессов образования морского льда, вероятно, позволит подойти к созданию модулей климатических моделей способных правдоподобно моделировать образование и исчезновение морского льда.</p> |
|   |  |  |  |  |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| 7 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.</p>                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</li> <li>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</li> <li>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</li> <li>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</li> <li>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</li> <li>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/ кристаллизации и аморфизации льда.</li> <li>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</li> </ol> | <p>Микроскопическое моделирование необходимо для определения равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов и воды. Эти данные (атомные мобильности, поверхностные энергии, кинетические коэффициенты роста граней кристаллов льда и т. д.) в настоящее время не являются доступными. Поэтому атомистическое моделирование является неотъемлемой частью многомасштабного компьютерного моделирования формирования структуры ледяных покровов и многолетнемерзлых грунтов.</p> |
| 8 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol>   | <p>Предполагается, что в результате выполнения задачи, в руках группы исследователей, задействованных в проекте, появится версия модели ECHAM6, не только дополненная изотопическим модулем, но и наилучшим образом адаптированная для прогнозирования климата в Российской Арктике.</p>  |
| 9 |  |  |   |   |

|    |  |  |   |   |
|----|--|--|---|---|
|    | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемерзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.</li> <li>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.</li> <li>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемерзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.</li> <li>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.</li> <li>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.</li> <li>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</li> </ol>   | <p>Предполагается, что в результате выполнения данной задачи будет накоплен такой фактический материал, что позволит разработать модели мерзлоты, пригодные для встраивания в качестве модулей в климатические модели. Фактический материал послужит для верификации модельных представлений с тем, чтобы воспользоваться новыми моделями для прогнозирования состояния многолетнемерзлых пород для различных сценариев выбросов парниковых газов на планете.</p>   |
| 10 | <p>Цель проекта - создание технологий комплексного мониторинга и методов прогнозирования климата и таяния вечной мерзлоты в Арктике.</p> <p>Достижение данной цели предполагает создание российского сегмента международной Пан-Арктической сети для мониторинга изотопических трассеров водного цикла, накопление временных и пространственных рядов данных для верификации климатических моделей, модификация существующих климатических моделей и моделирование климата и состояния вечной мерзлоты, разработка новой приборной базы.</p> | <p>Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | <p>Результаты разработки измерительных аэрологических комплексов пригодятся не только в рамках проекта для накопления фактической информации и верификации прогностических моделей, но как практический результат, который будет востребован в РФ всеми, кто нуждается в оперативной оценке состояния атмосферы. Уменьшение веса зонда повышает чувствительность к изменению ветра, снижает объем оболочки и расход водорода. Компактный химический генератор водорода значительно упрощает получение газа для наполнения оболочки.</p> |

## 07.2 Описание проекта

|                  |  |
|------------------|--|
| Описание проекта | <p>Глобальное изменение климата является главным вызовом века. Арктические регионы нашей планеты наиболее уязвимы к происходящим климатическим изменениям (температура океана, температура воздуха, количество и режим выпадения осадков). Более того, арктическая поверхность особенно чувствительна к изменениям климата из-за таяния вечной мерзлоты. Около 60% территории России это зона вечной мерзлоты. РФ является страной, имеющей наибольшее население, проживающее в Арктике (~2 млн. примерно из 4-х млн. человек) и развитую инфраструктуру нефтегазодобывающей промышленности, расположенную в зоне вечной мерзлоты.</p> <p>Грядущее потепление климата Арктики и вероятное масштабное таяние вечной мерзлоты имеет решающее значение для экономической и общественной жизни Арктики, в частности из-за негативного влияния на: повседневную жизнь местного населения (экстремальные климатические события, разрушение городов и поселений) и экономические ресурсы (разрушение инфраструктуры нефтегазодобывающей промышленности).</p> <p>В связи с этим, направление настоящего проекта является актуальным, а создание системы мониторинга, прогностического моделирования климата и состояния вечной мерзлоты в Арктике – научный базис для принятия стратегических решений при ее освоении.</p> <p>В климатическом аспекте водный и углеродный циклы представляют важные взаимодействующие климатические подсистемы. Они в значительной степени контролируют различные положительные и отрицательные обратные связи в климатической системе Земли. В региональном масштабе водный цикл в наибольшей степени контролирует энергетический запас поверхности посредством переноса скрытого тепла, связанного с испарением, конденсацией, образованием льда и его таянием.</p> <p>В рамках проекта планируется проводить исследования по следующим направлениям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание российского сегмента международной сети арктических станций для мониторинга изотопических трассеров водного цикла для количественной оценки тренда в водном цикле при климатических изменениях;</li> <li>- развитие инновационного изотопного подхода, основанного на применении современных изотопических версий моделей общей циркуляции атмосферы ECHAM и LMDz, для оценок изменчивости в водяном паре и в осадках в Арктике с фокусом на влиянии экстремальных климатических событий на гидрологический цикл;</li> <li>- выявление связей между гидрологическим и углеродным циклами в условиях климатических изменений;</li> <li>- сбор и анализ имеющихся многолетних количественных данных по температурному режиму отдельных ландшафтных типов в Арктике по результатам действующих центров наблюдений;</li> <li>- моделирование изменения климата в российской Арктике на ближайшие десятилетия;</li> <li>- моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемерзлых грунтов на прогнозируемое изменение климатических факторов в типичных ландшафтных и техногенных условиях.</li> </ul> <p>В целом, проект посвящён созданию комплексной системы климато-экологического мониторинга, прогнозирующей изменения климата в российской Арктике в ближайшие десятилетия и отклик состояния вечной мерзлоты на эти климатические изменения.</p> |
|------------------|--|

## 07.3 Подходы к реализации проекта

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Подходы к реализации проекта | <p>В проекте будут использованы новейшие технические и научные достижения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинг изотопических трассеров атмосферного водного цикла методами ИК гиперспектрального спутникового и наземного зондирования. Членами научного коллектива проекта был предложен пионерский метод, который дает возможность определять относительное содержание изотопического состава водяного пара на различных высотах с использованием разных спутниковых сенсоров, таких, как IASI/METOP, TANSO-FTS/GOSAT и др.</li> <li>– методы для определения содержания метана и двуокиси углерода в атмосфере над территорией Сибири из спутниковых ИК гиперспектральных измерений. Новые методы итеративной регуляризации для решения обратных задач могут быть использованы для определения вертикального профиля относительного содержания изотопологов водяного пара в атмосфере из наземных измерений высокого спектрального разрешения.</li> <li>– ставшие недавно доступными инфракрасные лазерные спектрометры PICARRO. Эта технология необходима для понимания ключевых процессов в водном цикле, имеющих место в пограничном слое атмосферы. Эти спектрометры обладают точностью, соизмеримой с точностью масс-спектрометров и спроектированы для рутинного анализа, как водяного пара, так и образцов воды и пригодны для полевых измерений;</li> <li>– включение изотопологов воды в модели общей циркуляции атмосферы. Уже более двух десятилетий физика изотопологов воды, учитываемая в моделях общей циркуляции атмосферы, позволяет определять влияние специфических процессов, таких как вертикальное движение воздушных масс в конвективных потоках или рециркуляция воды над континентами, на изотопический состав различных ветвей в атмосферном водном цикле. Возможность напрямую сравнить результаты численных расчетов с относящимися к ним непосредственными измерениями обладает особой ценностью. Две современные изотопические версии модели общей циркуляции атмосферы ECHAM и LMDZ будут использованы для данной цели;</li> <li>– продолжающаяся разработка модели взаимодействия атмосфера-поверхность ORCHIDEE, учитывающей взаимодействия между снежным и растительным покровом, замерзающей и тающей вечной мерзлотой и ее влияние на гидрологию и углеродный баланс, предоставляет возможности для разработки изотопической версии этой модели и объединения ее с изотопическими моделями общей циркуляции;</li> <li>– оригинальные методы мультимасштабного моделирования для определения критических динамических сценариев и параметров климатической системы;</li> <li>– оригинальные методы и модели, разрабатываемые партнером проекта (Институт криосферы Земли СО РАН), для моделирования отклика термодинамического состояния многолетнемерзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики;</li> <li>– оригинальные технологии радиозондирования атмосферы, разрабатываемые в Уральском федеральном университете и прецизионного мониторинга следовых газов и их изотопологов в пограничном планетарном слое атмосферы с использованием беспилотных летательных аппаратов.</li> </ul> |
|------------------------------|---|

## 07.4 Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
| <p>Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними</p> | <p>Для успешной реализации настоящего проекта необходима научная кооперация с партнёрами с высокой научной компетенцией и уникальным оборудованием.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Университет Токио. Команда профессора Риоичи Имасы (Ryoichi Imasu) заинтересована в продолжении плодотворного сотрудничества с командой УрФУ, начатого более 15 лет назад, для проведения совместных исследований по мониторингу парниковых газов и изотопических трассеров водного цикла в арктической атмосфере с использованием японского спутникового спектрометра TANSO-FTS/GOSAT и компетенции японских коллег, а также атмосферной станции в Коуровке УрФУ для валидации спутниковых данных TANSO-FTS/GOSAT.</li> <li>2. Национальный исследовательский Томский государственный университет. Лаборатория квантовой механики молекул и радиационных процессов предоставит более точные спектроскопические данные по атмосферным молекулам и заинтересована в их апробации в разрабатываемых методах прецизионного спутникового и наземного мониторинга парниковых и загрязняющих атмосферу газов, и их изотопологов.</li> <li>3. Институт криосферы Земли СО РАН. Лаборатория теплообменных явлений может предоставить данные и радиационные модели мерзлоты и заинтересована в обмене данными климатического моделирования для прогноза изменения температурного режима массива многолетнемерзлых грунтов для конкретных типов ландшафтов при прогнозируемом тренде климатических факторов на ближайшие десятилетия.</li> <li>4. Институт математики и механики УрО РАН. Специалисты отдела некорректных задач анализа и приложений, более 10 лет активно сотрудничающие с командой проекта, занимаются решением некорректных задач спутникового и наземного зондирования углеродсодержащих парниковых газов и изотопологов водяного пара в атмосфере Сибири и Урала и заинтересованы в результатах настоящего проекта для получения экспериментальных данных для разработки и апробации новых методов решения прикладных задач.</li> <li>5. Институт промышленной экологии УрО РАН. Лаборатория атмосферы более 10 лет сотрудничает с университетской командой проекта в области мониторинга парниковых и загрязняющих атмосферу газов и аэрозоля, в том числе в российской Арктике на п-ве Ямал может предоставить данные измерений по парниковым газам и заинтересована в продолжении этих совместных исследований в рамках данного проекта.</li> <li>6. Предприятия Вектор и Радий заинтересованы в результатах проекта для серийного выпуска новых, конкурентоспособных, высокотехнологичных видов продукции и могут предоставить производственную базу для разработки новой аппаратуры.</li> <li>7. Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры заинтересован в сотрудничестве по проекту для внедрение у себя результатов его результатов, в частности модернизированной системы аэрологического и радиозондирования.</li> <li>8. Учёные с мировым именем из Швейцарского института технологий Лозанны, Автономного университета Барселоны и УрФУ заинтересованы в совместной разработке модифицированных методов фазового поля методологии вычислительной термодинамики для описания структурно-фазовых переходов "лёд-вода".</li> </ol> |
|--|---|

#### 07.5 Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)

|   |   |
|---|---|
| <p>Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)</p> | <p>В УрФУ разработаны базовые методы и программное обеспечение для прямых и обратных задач переноса ИК излучения в безоблачной слабо-аэрозольной атмосфере для целей определения вертикальных профилей температуры и профилей концентраций парниковых газов в атмосфере из данных термического зондирования Земли из космоса и инфракрасного зондирования атмосферы наземными спектрометрами высокого спектрального разрешения. Методы реализованы в оригинальном ПО FIRE-ARMS для ОС Linux (свид. о госрегистрации программы для ЭВМ № 2013618900). У коллектива имеется успешный опыт восстановления содержания метана, углекислого газа и изотопического состава водяного пара в атмосфере как из спектров спутниковых сенсоров (AIRS, GOSAT, IASI), так и из спектров, измеряемых Фурье-спектрометром УрФУ, выполняющим регулярные измерения спектров пропускания в атмосфере с территории Коуровской астрономической обсерватории.</p> <p>В ИММ УрО РАН под руководством члена корреспондента РАН В.В. Васина разработаны новые эффективные методы решения некорректных обратных задач и имеется богатый опыт их успешной апробации в геофизических приложениях. Первые опыты использования совместно с коллегами из УрФУ этих методов для обработки спутниковых спектральных данных по восстановлению высотных профилей температуры, метана (CH<sub>4</sub>), углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и тяжелой воды (HDO) показали, что созданные на их основе алгоритмы позволяют получить вполне качественные результаты с высоким уровнем достоверности. Таким образом, имеется успешный опыт сотрудничества в разработке и применении методов решения обратных задач в дистанционном зондировании атмосферы.</p> <p>В рамках проекта WsibIsso команда УрФУ совместно с коллегами из Франции и Германии осуществила сравнение данных измерений изотопологов воды в атмосферном воздухе и осадках на наблюдательных станциях УрФУ и провела сравнение с результатами моделирования посредством моделей LMDZ и ECHAM5-wiso. В настоящее время модели ECHAM5-wiso и ECHAM6 портированы на компьютеры УрФУ и суперкомпьютер Уран ИММ УрО РАН, имеется собственный опыт моделирования.</p> <p>Коллектив авторов проекта из УрФУ имеет большой опыт практической реализации НИР и НИОКР, связанных с тематикой проекта. Например, договора с ФГУП «ЦЭНКИ»: № Н764.210.017/13 на выполнение СЧ ОКР «Создание обеспечивающих объектов, средств и систем наземной космической инфраструктуры космодрома Восточный, в части создания системы аэрологического зондирования атмосферы» (стоимость 99,0 млн. рублей), № Н764.210.015/14 на выполнение составной части ОКР: «Сборка средств измерения метеопараметров, модернизация системы обмена, обработки и представления данных аэрологического зондирования. Поставка на космодром Байконур. Участие в испытаниях.» (руководитель работ - участник данного проекта д.т.н., заслуженный изобретатель РФ Иванов В.Э.).</p> <p>Коллектив авторов проекта из УрФУ за последние пять лет имеет более 200 научных статей, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, выполнил 46 научных проектов и договоров, зарегистрировал 17 программ для ЭВМ, имеет более двух десятков патентов.</p> |
|---|---|

#### 07.6 Достижение глобального лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <p>Достижение глобального</p> |  |
|-------------------------------|--|

|   |  |
|---|--|
| лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта | <p>Достижение глобального лидерства по научной тематике проекта предполагается благодаря сочетанию следующих факторов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Настоящий проект выполняется совместно с лидирующими в своих сегментах научными партнёрами, обладающими уникальным оборудованием и базами данных, которые предполагается использовать в проекте.</li> <li>2) К выполнению проекта привлечены производственные предприятия, разрабатывающие уникальное оборудование для научных исследований по проекту, с помощью которого будет получен ряд уникальных экспериментальных данных. Повышается технологический уровень производства.</li> <li>3) Коллектив проекта включает в себя известных экспертов в мировой науке с высоким h-индексом и публикациями в высокоимпактных мировых журналах.</li> <li>4) Научный руководитель данного проекта Жён Жузель — один из выдающихся учёных современности по данному направлению науки. Являясь вице председателем бюро I-ой рабочей группы «Физическая основа климатических изменений» Межправительственной группы экспертов по изменению климата, он будет способствовать развитию компетенций в тесном сотрудничестве между научными группами из России, Франции, Германии и Японии. Научно-образовательная активность в рамках проекта будет нацелена на разработку курсов высокого уровня (изменения климата в Сибири) для привлечения перспективных магистрантов и аспирантов на период 2017-2021 гг., что будет поддерживать глобальное лидерство УрФУ в будущем. Критически важно, чтобы в Уральском федеральном университете развивалась в рамках широкой международной кооперации конкурентоспособная научная школа в данной области, которая является ключевой для дальнейшего развития Сибири ее арктических регионов в следующие десятилетия.</li> <li>5) В силу того, что Российская Арктика является регионом наименее покрытым станциями наблюдения, входящими в международные сети, коллектив проекта будет располагать уникальной наблюдательной сетью и компетенциями, которые предоставят международному научному сообществу и политикам надежны инструмент для принятия решений по развитию региона в будущем.</li> </ol> |
|---|--|

## 08 Актуальность и новизна проекта.

## 08.1 Значимость, востребованность и научная новизна проекта

|  |   |
|--|---|
| Значимость, востребованность и научная новизна проекта | <p>В результате выполнения проекта будут разработаны модели поведения вечной мерзлоты в Российской Арктике, которые будут связаны с глобальными климатическими моделями. Это позволит, с одной стороны, построить модель для прогнозирования состояния вечной мерзлоты в целевом регионе планеты, с другой стороны предоставить мировому научному сообществу модели состояния вечной мерзлоты в зависимости от климатических параметров, модели взаимодействия поверхность-атмосфера для арктических регионов, которые можно было бы включать в любую климатическую модель. Практически это будет реализовано в виде модуля, исходный код которого будет тщательно документирован и которым будет дополнена модель общей циркуляции атмосферы ECHAM6, разрабатываемая Метеорологическим Институтом Макса Планка (Германия) и имеющая открытый исходный код. Все результаты работы, в том числе и промежуточные, будут опубликованы в международных журналах с высоким импакт-фактором, а созданные программные модули будут доступны в сети Интернет. Другим прорывным результатом на основе уже выполненных членами научного коллектива проекта работ станут модели образования и таяния морского льда, пригодные для включения в глобальные климатические модели, построенные на основе непрерывных и дискретных микромасштабных и мезомасштабных моделей фазовых переходов вода-лёд. В настоящее время морской лёд в климатических моделях зачастую не моделируется, а используются результаты дистанционного зондирования прошлых лет. Данный проект нацелен, в том числе, на разработку моделей морского льда, пригодных для включения в климатические модели.</p> <p>Настройка моделей общей циркуляции атмосферы для прогнозирования климата включает в себя две взаимозависимые технологии. Одна это верификация модели с помощью данных прямых измерений параметров, отвечающих за состояние климатической системы, а другая это моделирование в режиме релаксации к измеренным данным. Российская Арктика насыщена стационарными станциями наблюдения относительно слабо, цена содержания подобной станции велика из-за сурового климата и дорогостоящей логистики. В связи с этим, в рамках данного проекта предполагается развить недорогостоящую и мобильную технологию получения атмосферных данных (температура, влажность, концентрации парниковых газов и изотопологов водяного пара) на основе беспилотных летательных аппаратов и радиозондов. Цель — получение дополнительных климатических данных в отдаленных районах как для верификации и настройки климатических моделей, так и для использования в технике релаксации моделей общей циркуляции атмосферы. В целом, это должно послужить целям получения работоспособной, верифицированной климатической модели, предоставляющей правдоподобный прогноз состояния вечной мерзлоты для различных сценариев будущих выбросов в атмосферу парниковых газов.</p> |
|--|---|

## 08.2 Значимость и востребованность проекта в технологиях.

|  |  |
|--|--|
| Значимость и востребованность проекта в технологиях. | <p>В рамках и для решения задач проекта будут созданы новые средства и технологии измерения параметров среды в Арктике. Поскольку производство новой аппаратуры, в том числе невозвратных измерительных приборов будет организовано в РФ, то средства, затраченные на оснащение и обеспечение расходными материалами российского сегмента Пан-Арктической сети мониторинга, остаются внутри страны, сохранится возможность контроля технологии производства измерительной техники предприятиями партнерами, стоимость средств измерения будет в меньшей степени зависеть от колебаний валютных курсов. В рамках проекта будет разработана новая технология прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере, температуры, влажности и давления воздуха с использованием беспилотных летательных аппаратов. Усовершенствуется технология радиозондовых шаропилотных измерений параметров атмосферы в части повышения точности, достоверности измерений и простоты эксплуатации в условиях Арктики. Разрабатывается экспедиционный переносной навигационный комплекс радиозондирования атмосферы, позволяющий выполнять серии измерений в любой местности, не привязываясь к инфраструктуре и стационарным пунктам. Будут разработаны технические средства и отработана технология оперативного измерения температуры верхнего слоя почвы с регулярной трехмерной сеткой датчиков на глубинах до 2-х метров. Комплекс разрабатываемых технологий направлен на организацию регулярных, систематических высокоточных измерений параметров среды в Арктике, что дает нам новый инструмент мониторинга и прогноза климата и таяния вечной мерзлоты. В свою очередь понимание процессов в Арктике позволит контролировать и прогнозировать глобальные изменения климата на Земле.</p> <p>Результаты работ будут внедрены в технологические процессы производства и мониторинга среды прямо в ходе выполнения проекта, предполагается, что разработанное в рамках проекта оборудование будет востребовано не только станциями арктической сети, но появятся и другие потребители (Росгидромет, службы обеспечения полётов авиации и пусков ракет, и т.п.).</p> <p>После завершения проекта потребуются средства на содержание и обслуживание организованного российского сегмента международной Пан-Арктической сети мониторинга (арктических станций). Целесообразно дооснастить действующие арктические объекты сети Росгидромета новым оборудованием и обучить персонал. Ожидаемая структура затрат на внедрение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>содержание зданий и сооружений арктических станций;</li> <li>заработная плата сотрудников станций;</li> <li>затраты на расходные материалы и оборудование (радиозонды, шары-оболочки и др.);</li> <li>затраты на цифровую связь.</li> </ul> |
|--|--|

## 09 Ближайшие аналоги проекта (до 2-х проектов)

## 09.1 Ближайший аналогичный проект (конкурент) №1

## 09.1.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 1

|  |  |
|--|--|
| <p>Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 1</p> | <p>Проект: AC-АНС2: Атмосферная циркуляция и изменения гидрологического цикла Арктики (Atmospheric circulation and Arctic hydrological cycle changes).<br/>Проект AC-АНС2 нацелен на улучшение понимания и моделирования атмосферного арктического водного цикла. Он позволит оценить влияние последних изменений в морском ледяном покрове, температуре поверхности моря и снежном покрове на атмосферную циркуляцию. Будет оценен количественно перенос влаги в атмосфере и роль внетропических циклонов на основе метеорологических данных реанализа для оценки качества атмосферных моделей. Будут выполнены новые измерения осадков и изотопного состава в испаряющейся на поверхности воде в северной Гренландии и на Шпицбергене, что в сочетании с данными дистанционного зондирования позволит создать международно скоординированную систему мониторинга изотопов. Улучшенная регистрация снегопадов будет достигнута с помощью продуктов радиолокационного дистанционного зондирования. Эти данные обеспечат новой информацией, которая позволит различать местные и удаленные источники влаги. В сочетании с дистанционным зондированием снегопадов и облаков, они будут использованы для улучшения представления микрофизики арктических облаков в рамках региональной (MAR) и глобальной модели атмосферы (LMDZ), учитывающей фракционирование стабильных изотопов воды. Улучшенные таким образом модели будут использоваться для изучения взаимосвязи между арктическим водным циклом и крупномасштабной атмосферной циркуляцией. В конечном счете, эти модели будут использоваться для количественной оценки обратных связей изменения климата в Арктике на водяной пар, облака и снежный покров за последние десятилетия, а также для сравнения с теплым климатом последнего межледникового периода и его модельными проекциями, с использованием граничных условий из сопряженной климатической модели ISPL.<br/>Ведущая организация проекта: Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/Institut Pierre Simon Laplace (Саклай, Франция)<br/>Продолжительность проекта: 10/2015 – 12/2017.</p> |
|--|--|

## 09.1.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 1

|  |  |
|--|--|
| <p>Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 1</p> | <p>Руководитель проекта: Dr. Valerie Masson-Delmotte, 43, старший научный сотрудник CEA при LSCE, автор 181 публикации в рецензируемых журналах (h-индекс 46), полный лист публикаций находится по Researcher ID – G-1995-2011, координационный ведущий автор IPCC AR5 WG1 глава 5 (климат прошлого), член Академии Европы, награды Французской Академии Наук, приз Декарта Европейской комиссии, Igene Joliot Curie Prize (женщина-учёный 2013-го года), высокоцитируемый исследователь ISI 2014 года.</p> <p>Французская команда имеет широкую международную кооперацию в рамках проекта, в команде 20 принципиальных исследователей, возглавляющих группы специалистов из Франции, Германии, Швеции, Бельгии, Швейцарии и России, включая лабораторию физики климата и окружающей среды (зав. лаб. Захаров В.И.) из Уральского федерального университета.</p> <p>Проект поддерживается Французским национальным научным фондом.</p> |
|--|--|

## 09.2 Ближайший аналогичный проект (конкурент) №2

## 09.2.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 2

|  |  |
|--|--|
| <p>Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 2</p> | <p>Проект: Гидрологический контроль круговорота углерода и бюджет парниковых газов (Hydrological Controls on Carbon Cycling and Greenhouse Gas Budgets) (HYDRA)<br/>Ведущая организация проекта: NERC Arctic Research Programme, British Antarctic Survey<br/>Описание. Целью проекта HYDRA является изучение большого числа мест Арктической Канады, проведение биологического, химического и физического мониторинга выделения парниковых газов из вечной мерзлоты в воду и атмосферу и изучение вопроса, как эти аспекты влияют на глобальное потепление (<a href="http://arp.arctic.ac.uk/projects/hydrological-controls-carbon-cycling-and-greenhouse/">http://arp.arctic.ac.uk/projects/hydrological-controls-carbon-cycling-and-greenhouse/</a>).</p> <p>Настоящий проект "Комплексная система климато-экологического мониторинга, разработка и организация производства новой техники и мультимасштабное моделирование состояния криосистемы Российской Арктики" отличается от проекта HYDRA другой целевой территорией и иным комплексом рассматриваемых задач.</p> |
|--|--|

## 09.2.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 2

|  |  |
|--|--|
| <p>Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 2</p> | <p>Профессор Philip Wookey, ведущий исследователь; Др. Robert Baxter, соисполнитель; Professor Doerthe Tetzlaff, соисполнитель.<br/>Проект поддерживается программой арктических исследований NERC, Британская антарктическая служба (NERC Arctic Research Programme, British Antarctic Survey).</p> |
|--|--|

## 10 Связь проекта с САЕ

## 10.1 Связь проекта с научной деятельностью САЕ

| № | САЕ  | Комментарий  |
|---|--|--|
| 1 | Школа естественных наук и математики   | Проект соответствует целям, созданной в УрФУ САЕ «Научная школа естественных наук и математики», включающим в себя создание исследовательского и образовательного центра мирового уровня, обеспечивающего значительное повышение академической и научной репутации УрФУ в международном сообществе, подтвержденное позициями университета в предметных рейтингах «Физика» и «Математика» (в первых 100 университетах к 2020 г. по версии QS World University Rankings - Дорожная карта УрФУ), за счет достижения мирового уровня научно-исследовательской деятельности УрФУ по ключевым направлениям науки. Развиваются следующие исследования и разработки: вычислительные методы и алгоритмы расчета экологических задач, алгоритмы и технологии параллельных, распределенных вычислений и обработка больших объемов данных для моделирования сложных систем (климат, экосистемы); фундаментальные основы математики и компьютерных наук, в том числе обратные и некорректные задачи, численные методы решения уравнений в частных производных – применение в экологии, физике и геофизике; интеллектуальные системы обработки сверхбольших массивов данных, обработка и визуализация больших объемов данных, облачные технологии и параллельные вычисления. |
| 2 | Инженерная школа информационных технологий, телекоммуникаций и систем управления | Проект соответствует целям, созданной в УрФУ САЕ «Инженерная школа информационных технологий, телекоммуникаций и систем управления» включающим в себя создание исследовательского и образовательного центра мирового уровня, обеспечивающего значительное повышение академической и научной репутации УрФУ в международном сообществе, подтвержденное позициями университета в предметных рейтингах «Физика» и «Математика» (в первых 100 университетах к 2020 г. по версии QS World University Rankings - Дорожная карта УрФУ), за счет достижения мирового уровня научно-исследовательской деятельности УрФУ по ключевым направлениям науки. Предполагается закрепление роли УрФУ, как мирового лидера в области разработки функционально ориентированных процессоров и микроэлектроники для систем связи нового поколения, систем обработки и хранения больших объемов данных. Развиваются такие исследования и разработки как разработка когнитивных радиоэлектронных, телекоммуникационных и навигационных систем, разработка сегментов систем связи нового поколения, а также интегрированные со спутниковыми каналами системы и робототехнические системы.  |

## 10.2 Связь проекта с образовательной деятельностью САЕ.

| САЕ  | Комментарий  |
|--|--|
| Школа естественных наук и математики   | В рамках проекта предполагается привлекать к научной работе студентов, магистрантов и аспирантов, в том числе путем интеграции учебного процесса с исследованиями. Предполагается интегрирование исследовательских задач проекта в такие направления обучения студентов бакалавриата, как «физика», «гидрометеорология», «экология и природопользование», «геодезия и дистанционное зондирование», «механика и математическое моделирование», «математика и компьютерные науки», и магистратуры по направлениям «физика», «экологический мониторинг», «информатика и компьютерные науки». Выполнение проекта стимулирует расширение программ международной академической мобильности, подготовку исследователей высокого уровня в сфере естественных наук и математики, способных работать в ведущих российских и зарубежных университетах, научных центрах и наукоемких предприятиях. Привлеченные к выполнению данного проекта ведущие отечественные и зарубежные ученые проведут научные семинары и прочтут лекции для студентов, аспирантов и сотрудников УрФУ на актуальные темы проекта, такие, как, применение изотопов воды в качестве трассеров климатических моделей, нелинейная динамика климата, некорректные и обратные задачи. Новые результаты, полученные в рамках проекта, будут включены в лекционные и практические занятия в рамках подготовки бакалавров и магистров УрФУ. Привлечение студентов и аспирантов УрФУ к выполнению проекта позволит стимулировать их участие в научных конференциях, повысить публикационную активность в журналах 1-го квартиля ( в предметных областях по данным Journal Citation Reports), Web of Science Core Collection, а также в топ-10% журналов по величине SNIP, индексируемых в базе данных Scopus.   |
| Инженерная школа информационных технологий, телекоммуникаций и систем управления | В рамках проекта предполагается привлекать к научной работе студентов, магистрантов и аспирантов, в том числе путем интеграции учебного процесса с исследованиями. Предполагается интегрирование исследовательских задач проекта в такие направления обучения студентов бакалавриата, как «инфокоммуникационные технологии и системы связи», и «конструирование и технология электронных средств», и магистратуры по направлению «проектирование систем связи». Выполнение проекта стимулирует расширение программ международной академической мобильности, подготовку исследователей высокого уровня в сфере разработки электронной техники, способных работать в ведущих российских и зарубежных университетах, научных центрах и наукоемких предприятиях. Привлеченные к выполнению данного проекта ведущие отечественные и зарубежные ученые проведут научные семинары и прочтут лекции для студентов, аспирантов и сотрудников УрФУ на актуальные темы проекта, такие, как разработка новейших систем метеорологического мониторинга, когнитивные радиоэлектронные, телекоммуникационные и навигационные технологии и др. Новые результаты, полученные в рамках проекта, будут включены в лекционные и практические занятия в рамках подготовки бакалавров и магистров УрФУ. Привлечение студентов и аспирантов УрФУ к выполнению проекта позволит стимулировать их участие в научных конференциях, повысить публикационную активность в журналах 1-го квартиля ( в предметных областях по данным Journal Citation Reports), Web of Science Core Collection, а также в топ-10% журналов по величине SNIP, индексируемых в базе данных Scopus. Благодаря участию промышленных предприятий в проекте у студентов появится дополнительная возможность изучить полный цикл производства электронной аппаратуры, включающий в себя планирование, проектирование, производство и внедрение новой электронной техники. |

## II Показатели результативности проекта. Связь задач, результатов и показателей

### II.1 Показатели результативности проекта

#### II.1.1 Позиция в отраслевых (предметных) рейтингах (ARWU, THE, QS), достижению которых способствует проект.

| № | Рейтинг   | 2017 план | 2018 план | 2019 план | 2020 план | 2021 план |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Общий рейтинг THE - рейтинг университетов мира Таймс (The Times Higher Education World University Rankings)                         | 400       | 350       | 300       | 250       | 200       |
| 2 | Предметный рейтинг THE - рейтинг университетов мира Таймс (The Times Higher Education World University Rankings) - Физические науки | -         | -         | -         | 50        | 50        |
| 3 | Общий рейтинг QS - всемирный рейтинг университетов (QS World University Rankings)   | 200       | 200       | 150       | 100       | 50        |
| 4 | Предметный рейтинг QS - всемирный рейтинг университетов (QS World University Rankings) - Физика                                     | -         | 200       | 150       | 100       | 50        |
| 5 | Предметный рейтинг QS - всемирный рейтинг университетов (QS World University Rankings) – Инфор-матика и информационные системы      | -         | 200       | 150       | 150       | 100       |

#### II.1.2 Показатели результативности проекта (кроме рейтингов)

| № | Показатель   | 2017 план | 2018 план | 2019 план | 2020 план | 2021 план | ИТОГО   |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 1 | Число публикаций в журналах 1-го квартиля (в предметной области(ях), по данным Journal Citation Reports), Web of Science Core Collection | 10,       | 20,       | 30,       | 40,       | 42,       | 142,000 |
| 2 | Число публикаций в ТОП-10 % журналов (по величине SNIP), индексируемых в базе данных Scopus, в соответствующей предметной области        | 5,        | 10,       | 15,       | 20,       | 21,       | 71,000  |
| 3 | Число патентов, зарегистрированных за рубежом  | 0,        | 0,        | 0,        | 1,        | 1,        | 2,000   |
| 4 | Число патентов, зарегистрированных в России  | 1,        | 1,        | 2,        | 2,        | 2,        | 8,000   |

#### II.1.3 Показатели результативности проекта (финансовые)

| № | Показатель   | 2017 план, (%) | 2018 план, (%) | 2019 план, (%) | 2020 план, (%) | ИТОГО, (%) |
|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 1 | Отношение объема софинансирования (университета и партнеров) к объему средств субсидии, выделяемой на реализацию проекта | 38,10          | 39,29          | 50,00          | 60,00          | 52,00      |

#### II.2 Состав и определения ключевых показателей эффективности проекта (KPI) (справочная информация)

| Код  | Формулировка   | Описание  |
|------|--|---|
| KPI1 | Количество кандидатов наук в составе научного коллектива | Учитываются все кандидаты наук, привлеченные к выполнению задач проекта по договорам гражданско-правового характера, по основному месту работы или по совместительству в течение отчетного периода. |
| KPI2 | Количество докторов наук в составе научного коллектива   | Учитываются доктора наук, привлеченные к выполнению задач проекта по договорам гражданско-правового характера, по основному месту работы или по совместительству в течение отчетного периода.       |
|      |  |   |

|      |  |  |
|------|--|--|
| KPI3 | Количество аспирантов в составе научного коллектива, обучающихся в образовательной организации | Учитываются все аспиранты, привлеченные к выполнению задач проекта по договорам гражданско-правового характера, по основному месту работы или по совместительству в течение отчетного периода.   |
| KPI4 | Количество студентов в составе научного коллектива, обучающихся в образовательной организации  | Учитываются все студенты, обучающиеся по программам бакалавриата и магистратуры, привлеченные к выполнению задач проекта по договорам гражданско-правового характера, по основному месту работы или по совместительству в течение отчетного периода. |
| KPI5 | Количество выпущенных радиозондов в интересах проекта  | Учитываются радиозонды, разработанные по проекту и успешно использованные для получения вертикальных профилей температуры и влажности воздуха.   |
| KPI6 | Количество датчиков сети измерения температуры почвы   | Учитывается число новых датчиков установленных на ключевых участках измерения параметров вечной мерзлоты в течение отчетного периода   |

## 11.3 Сводная таблица собственных задач, результатов и показателей реализации проекта

| № | Задача  | Ожидаемый результат  | Показатель реализации (KPI) |
|---|---|--|-----------------------------|
| 1 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</li> <li>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</li> <li>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</li> <li>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</li> <li>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</li> <li>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</li> <li>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</li> </ol> | KPI1                        |
| 2 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</li> <li>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</li> <li>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</li> <li>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</li> <li>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</li> <li>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</li> <li>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</li> </ol> | KPI2                        |
| 3 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</li> <li>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</li> <li>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</li> <li>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</li> <li>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</li> <li>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</li> <li>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</li> </ol> | KPI3                        |
|   |   |  |                             |

|    |  |  |      |
|----|--|--|------|
| 4  | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий.                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</li> <li>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</li> <li>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</li> <li>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</li> <li>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</li> <li>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</li> <li>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</li> </ol> | KP14 |
| 5  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Созданные арктические (в гг. Лабитнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</li> <li>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro . L2130-i.</li> <li>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</li> </ol>   | KP11 |
| 6  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Созданные арктические (в гг. Лабитнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</li> <li>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro . L2130-i.</li> <li>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</li> </ol>   | KP12 |
| 7  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Созданные арктические (в гг. Лабитнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</li> <li>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro . L2130-i.</li> <li>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</li> </ol>   | KP13 |
| 8  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Созданные арктические (в гг. Лабитнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</li> <li>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro . L2130-i.</li> <li>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</li> </ol>   | KP18 |
| 9  | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</li> <li>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</li> <li>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</li> <li>8. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</li> </ol>   | KP11 |
| 10 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. |  | KP12 |

|    |   |  |      |
|----|---|--|------|
|    |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</li> <li>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</li> <li>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</li> <li>8. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</li> </ol> |      |
| 11 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</li> <li>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</li> <li>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</li> <li>8. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</li> </ol> | KPI3 |
| 12 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</li> <li>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</li> <li>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</li> <li>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</li> <li>8. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</li> </ol> | KPI4 |
| 13 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания и доставка их на землю.</li> <li>2. Бортовой комплекс беспилотного летательного аппарата (БПЛА), результаты измерений температуры, относительной влажности, давления.</li> <li>3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> <li>4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> </ol>  | KPI1 |
| 14 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания и доставка их на землю.</li> <li>2. Бортовой комплекс беспилотного летательного аппарата (БПЛА), результаты измерений температуры, относительной влажности, давления.</li> <li>3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> <li>4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> </ol>  | KPI2 |
| 15 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания и доставка их на землю.</li> <li>2. Бортовой комплекс беспилотного летательного аппарата (БПЛА), результаты измерений температуры, относительной влажности, давления.</li> <li>3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> <li>4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> </ol>  | KPI3 |

|    |   |   |      |
|----|---|---|------|
| 16 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания и доставка их на землю.</li> <li>2. Бортовой комплекс беспилотного летательного аппарата (БПЛА), результаты измерений температуры, относительной влажности, давления.</li> <li>3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> <li>4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</li> </ol>   | КР14 |
| 17 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</li> <li>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</li> <li>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</li> <li>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</li> <li>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</li> </ol> | КР11 |
| 18 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</li> <li>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</li> <li>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</li> <li>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</li> <li>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</li> </ol> | КР12 |
| 19 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</li> <li>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</li> <li>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</li> <li>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</li> <li>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</li> </ol> | КР13 |
| 20 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</li> <li>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</li> <li>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</li> <li>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</li> <li>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</li> </ol> | КР14 |
|    |   |   |      |

|    |   |  |      |
|----|---|--|------|
| 21 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</li> <li>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</li> <li>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</li> <li>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</li> <li>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</li> <li>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</li> </ol> | КР11 |
| 22 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</li> <li>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</li> <li>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</li> <li>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</li> <li>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</li> <li>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</li> </ol> | КР12 |
| 23 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</li> <li>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</li> <li>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</li> <li>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</li> <li>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</li> <li>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</li> </ol> | КР13 |
| 24 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</li> <li>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</li> <li>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</li> <li>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</li> <li>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</li> <li>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</li> <li>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</li> </ol> | КР14 |
| 25 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды. |  | КР11 |

|    |   |  |      |
|----|---|--|------|
|    |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</li> <li>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</li> <li>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</li> <li>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</li> <li>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</li> <li>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/кристаллизации и аморфизации льда.</li> <li>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</li> </ol> |      |
| 26 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</li> <li>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</li> <li>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</li> <li>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</li> <li>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</li> <li>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/кристаллизации и аморфизации льда.</li> <li>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</li> </ol> | KPI2 |
| 27 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</li> <li>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</li> <li>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</li> <li>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</li> <li>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</li> <li>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/кристаллизации и аморфизации льда.</li> <li>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</li> </ol> | KPI3 |
| 28 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</li> <li>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</li> <li>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</li> <li>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</li> <li>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</li> <li>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/кристаллизации и аморфизации льда.</li> <li>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</li> </ol> | KPI4 |
| 29 | Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol>  | KPI1 |
|    |   |  |      |

|    |  |   |      |
|----|--|---|------|
| 30 | <p>Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol> | KPI2 |
| 31 | <p>Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol> | KPI3 |
| 32 | <p>Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol> | KPI4 |
| 33 | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.</li> <li>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.</li> <li>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемёрзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.</li> <li>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.</li> <li>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.</li> <li>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</li> </ol>   | KPI1 |
| 34 | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.</li> <li>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.</li> <li>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемёрзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.</li> <li>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.</li> <li>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.</li> <li>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</li> </ol>   | KPI2 |
| 35 | <p>ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p>   |   | KPI3 |

|    |  |   |      |
|----|--|---|------|
|    | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.</li> <li>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.</li> <li>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемёрзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.</li> <li>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.</li> <li>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.</li> <li>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</li> </ol>   |      |
| 36 | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.</li> <li>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.</li> <li>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемёрзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.</li> <li>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.</li> <li>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.</li> <li>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</li> </ol>   | KPI4 |
| 37 | <p>Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | KPI1 |
| 38 | <p>Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> </ol>   | KPI2 |
| 39 | <p>Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | KPI3 |
|    |  |   |      |

|    |   |   |      |
|----|---|---|------|
| 40 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | КР14 |
| 41 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | КР15 |
| 42 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</li> <li>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</li> <li>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</li> <li>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</li> <li>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</li> <li>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</li> </ol> | КР16 |

## 12 Партнеры проекта (информация по всем партнерам)

## 12.1 Общая информация по всем партнерам

| № | Официальное наименование партнера | Официальный сайт Партнера | Профиль Партнера | Описание Партнера | Вклад Партнера в проект и значимость такого вклада для успешной реализации проекта |
|---|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|--|
|   |                                   |                           |                  |                   |  |

|   |                   |   |                    |  |  |
|---|-------------------|---|--------------------|--|--|
| 1 | Университет Токио | <a href="http://www.aori.u-tokyo.ac.jp">http://www.aori.u-tokyo.ac.jp</a> | научное учреждение | <p>Институт исследования атмосферы и океана (ИИАО) был основан в 2010 г. в университете Токио. Институт создан для совместного использования в научных проектах научно-исследовательских судов, а также других своих объектов. Институт принимает участие в образовании в Высшей школе науки, сельского хозяйства и наук о жизни, и в департаменте передовых наук в университете. Активные исследования в институте ведутся в девяти департаментах и трех научно-исследовательских центрах. Институт сотрудничает с аспирантурой университета Токио и отвечает за образование аспирантов. Студенты, желающие поступить в аспирантуру института, должны выбрать аспирантуру, которой соответствует профессор, занимающий должность в институте. Кроме того, институт принимает некоторых студентов в качестве «студентов-исследователей», которые являются выпускниками колледжей или тех, кто находится аналогичном уровне. Университет Токио имеет ARWU ранг 7 (физика) в 2015 году. Отдел климатической системы исследований, работающих в области изменения климата и спутникового дистанционного зондирования парниковых газов заинтересован в участии в этом проекте.</p> | <p>В рамках данного проекта Отдел изучения климатической системы в составе Института изучения атмосферы и океана проводит исследования нацеленные на получения глобального распределения и информации о движении парниковых газов на основе спутниковых наблюдений. Отдел имеет большой опыт в восстановлении содержания парниковых газов из данных спектрометров теплового и ближнего ИК диапазонов на борту японского спутника GOSAT. Отдел имеет доступ ко всем оперативным данным наземного сегмента GOSAT, а также имеет возможность заказывать целевые наблюдения с борта данного спутника. Это позволит выполнить верификационные измерения в рамках данного проекта. Кроме того, Отдел может обеспечить прохождение стажировки студентам, аспирантам и сотрудникам УрФУ.</p> |
|   |                   |   |                    |  |  |

|   |  |   |                            |   |  |
|---|--|---|----------------------------|---|--|
| 2 | Национальный исследовательский Томский государственный университет | <a href="http://www.tsu.ru">http://www.tsu.ru</a> | образовательное учреждение | <p>В 2015 году ТГУ вошел в четверку лучших вузов проекта «5-100», имеет рейтинг QS World University ranking 251-300 (физика и астрономия). В участии в проекте заинтересована кафедра оптики и спектроскопии физического факультета, развивающая такие направления научной деятельности как «физика внутри- и межмолекулярных взаимодействий», «квантовая механика молекул и радиационные процессы», «фотопроцессы в многоатомных молекулах и физика лазеров на органических красителях», «теоретическая оптика», «оптические приборы и устройства». Кафедра специализируется на таких необходимых в рамках данного проекта, как получение высокоточных поверхностей потенциальной энергии и электрооптических свойств молекул, разработка методов, алгоритмов и программных реализаций "глобальных" расчетов спектральных характеристик молекул в различных атмосферных условиях, разработка моделей для описания локализации, переноса энергии и изотопических эффектов при возбуждении и диссоциации молекул, поглощения и эмиссии излучения, на создании оригинальных банков молекулярных свойств и спектроскопических данных для газового зондирования в атмосферной физике и астрофизике, на развитии методов конструирования безщелевых светосильных спектральных приборов; узкополосных интерференционных светофильтров, перестраиваемых в широком диапазоне длин волн.</p> | <p>Для прецизионного определения малых газовых составляющих атмосферы, включая изотопологи водяного пара, необходимы как можно более точные базы спектральных параметров отдельных изотопологов молекул водяного пара, диоксида углерода и метана. Уточнение подобных баз данных и возлагается на данного партнера. Кроме того, для достижения будущего технологической независимости России, необходимо вести разработку спектральных приборов ориентированных на экологический наземный и спутниковый мониторинг содержания МГС в атмосфере, что является одним из направлений научных исследований кафедры оптики и спектроскопии. Данный партнер позволит повысить компетенции сотрудников УрФУ в области спектроскопических баз данных, а также в новейших разработках светосильных спектральных приборов для экологического мониторинга.</p> |
|   |  |   |                            |   |  |

|   |                                 |   |                    |   |   |
|---|---------------------------------|---|--------------------|---|---|
| 3 | Институт криосферы Земли СО РАН | <a href="http://www.ikz.ru">http://www.ikz.ru</a> | научное учреждение | <p>ИКЗ СО РАН выполняет научные исследования в следующих областях: технология стабилизации мерзлых грунтов в основании сооружения с использованием термоколонок и пенного покрова; картирование криогенных геологических процессов криолитозоны России; оценка инженерно-геокриологических условий в нефтегазоносных районах Арктического шельфа и выработка рекомендаций по рациональному использованию природы во время техногенной нагрузки на криосферу; выработка рекомендаций по методологии и технологии освоения нефтегазовых месторождений в связи с распространением криогенных пород на шельфе Российского Арктического океана; разработка методов оценки площадей оттаивания вокруг кустов скважин; разработка цифровых карт нефтегазоносных регионов Западной Сибири; методики и технологические схемы контроля за окружающей средой и управления процессами использования природой.</p> <p>Проводятся экспедиции в район газоконденсатных месторождений и газопроводов для наблюдения за криогенными процессами, динамикой морских берегов, морфологией и геологией шельфовой криолитозоны, мониторинга сезонного протаивания и температурного режима мерзлотных пород на режимных площадках, изучение базовых геологических разрезов, изучения динамики растительного покрова в естественных и нарушенных условиях в связи с изменением геокриологических условий.</p> <p>На основе этих исследований в институте разрабатываются новые научные подходы к изучению природной среды Арктики, накоплен обширный фактический материал, частично организованный в доступные базы данных. Создан ряд геоэкологических и геокриологических карт Федерального уровня. Полученные материалы многолетних экспедиционных исследований на севере Западной Сибири позволили получить ряд качественно новых научных выводов, разработать разномасштабные модели эволюции и динамики криолитозоны, ее элементов на суше и мелководном шельфе на основе индикации криогенных событий в рельефе и разрезах отложений. Предполагается сотрудничество с Лабораторией тепломассообменных явлений.</p> | <p>Данный партнер необходим в проекте для верификации теплофизических моделей повышения температуры и оттаивания вечной мерзлоты и влияния осадков на режим оттаивания, для распространения стандартных методик оценки сезонного оттаивания на целевой территории Российской Арктики для дальнейшей верификации моделей общей циркуляции атмосферы с целью прогнозирования изменения состояния вечной мерзлоты в последующие десятилетия.</p> <p>Сотрудничество с данным партнером позволит повысить компетенцию сотрудников УрФУ в области криологии Земли, получить недостающие данные о состоянии вечной мерзлоты в Российской Арктике, а также выработать совместимые и пригодные для дальнейшей ассимиляции в климатические модели методики оценки сезонного оттаивания мерзлых пород.</p> |
|   |                                 |   |                    |   |   |

|   |   |   |                                       |  |   |
|---|---|---|---------------------------------------|--|---|
| 4 | АО "РАДИЙ"  | <a href="http://www.meteo-radiy.ru">http://www.meteo-radiy.ru</a> | промышленное предприятие / корпорация | АО «Радий» - современное многопрофильное предприятие по производству радиоэлектронной аппаратуры. Современная, постоянно развивающаяся, производственно-технологическая база предприятия является основой для освоения и серийного выпуска новых, конкурентоспособных, высокотехнологичных видов продукции. Продукция предприятия широко известна по всей стране и за её пределами. Все выпускаемые изделия соответствуют требованиям Российских стандартов и имеют сертификаты. Предприятие выпускает несколько типов радиозондов различного типа определения местоположения (радиолокационный, GPS, ГЛОНАСС), а также мобильные комплексы приема информации с радиозондов. Данная продукция поставляется в структуры Росгидромета. | В рамках проекта предполагается использование продукции (радиозонды МРЗ-ЗАК1, МРЗ-Н1 или МРЗ-3МК) партнера для мониторинга состояния атмосферы в рамках поверочных экспериментов для сравнения вывода моделей общей циркуляции атмосферы и фактического состояния атмосферы. При разработке новых облегченных версий радиозонда, предполагается тестирование их показаний с уже имеющимися серийными моделями, выпускаемыми АО «Радий».                     |
| 5 | АО Уральское производственное предприятие ВЕКТОР  | <a href="http://vektor.ru">http://vektor.ru</a>                   | промышленное предприятие / корпорация | В настоящее время АО «УПП «Вектор» — современное предприятие, обладающее мощным производственным потенциалом, широким спектром передовых технологий, высоким профессиональным уровнем кадров, отработанной системой контроля качества продукции. АО «УПП Вектор» разрабатывает, пригодные для целей проекта, современные системы, использующие цифровой принцип передачи данных от радиозонда к станции. Разработан новый цифровой радиозонд, доработанный локатор Вектор-М так, чтобы он мог получать данные как с радиозондов старой системы, так и взаимодействовать с новыми, разработано новое программное обеспечение. Особенностью цифрового канала является более высокая скорость и надежность передачи данных.             | На финальной стадии проекта, данный партнер должен разместить у себя производство опытного партии модернизированного для работы в климатических условиях Арктики аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса «Вектор-М». Сотрудничество УрФУ с данным партнером позволит осуществлять полный цикл подготовки специалистов, способных обеспечивать планирование, проектирование, производство и внедрение новой радиоэлектронной аппаратуры. |
| 6 | Федеральное государственное унитарное предприятие "Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры" | <a href="http://www.russian.space">http://www.russian.space</a>   | промышленное предприятие / корпорация |  |   |

|   |   |  |                           |   |   |
|---|---|--|---------------------------|---|---|
|   |   |  |                           | <p>Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры (ЦЭНКИ) был создан при Российском космическом агентстве в 1994 г. в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 24 августа 1994 г. № 996 «О мерах по обеспечению выполнения Соглашения между Российской Федерацией и Республикой Казахстан «Об основных принципах и условиях использования космодрома «Байконур» от 28 марта 1994 года». Основным направлением деятельности является подготовка и осуществление пуска космических аппаратов, экологический мониторинг и осуществление эксплуатации, расположенных на территории Российской Федерации районов падения, при осуществлении запусков КА с космодрома Байконур и космодромов, расположенных на территории РФ.</p>   | <p>Данный партнер планирует внедрение у себя результатов проекта, в частности модернизированной системы аэрологического и радиозондирования. Сотрудничество УрФУ с данным партнером позволит осуществлять полный цикл подготовки специалистов, способных обеспечивать планирование, проектирование, производство и внедрение новой радиоэлектронной аппаратуры.</p>   |
| 7 | <p>Институт математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН</p> | <p><a href="http://www.imm.uran.ru">http://www.imm.uran.ru</a></p> | <p>научное учреждение</p> | <p>ИММ УрО РАН развивает следующие научные направления: математическая теория процессов управления; теоретические исследования в области алгебры, дифференциальных уравнений и теории функций; разработка методов решения задач на ЭВМ, в том числе экономических, технических, задач математической физики; развитие вычислительной базы высокой производительности; развитие методов нелинейной механики с приложениями к задачам устойчивости колебания и регулирования; разработка математических методов механики сплошной среды. В проекте предполагается участие Отдела некорректных задач анализа и приложений, основным направлением деятельности которого является исследование по теории и методам решения некорректных и обратных задач, разработка регулярных алгоритмов для аппроксимации решений широкого класса прикладных задач, возникающих в разведочной и скважинной геофизике, зондирования атмосферы и ионосферы, при обработке данных физических экспериментов, а также эхо- и радиолокационных сигналов. Кроме того, ИММ УРО РАН обеспечивает коллективный доступ с суперкомпьютеру УРАН, который являлся в 2012 г. 79-м в рейтинге топ-500. Поддерживает коллективный доступ, рабочее состояние суперкомпьютера Отдел системного обеспечения, проводящий в то же время исследования и разработки в области системного обеспечения параллельных вычислений и компьютерной визуализации, а также эксплуатация и сопровождение программного обеспечения параллельных вычислителей, кластеров и локальных сетей.</p> | <p>Отдел некорректных задач ИММ УрО РАН совместно с коллегами из УрФУ развивает методы итеративной регуляризации применительно к задачам спутникового и наземного зондирования для определения вертикальных профилей атмосферных газовых составляющих, включая профили изотопологов компонент. Предполагается дальнейшая работа на устойчивыми алгоритмами обращения спутниковых данных, характеризующихся для высоких широт низкими отношениями сигнал/шум, что приводит к отбраковке «холодных спектров» большинством наземных сегментов спутниковых сенсоров, предназначенных для мониторинга парниковых газов. Это может привести к появлению технологии обращения таких спутниковых данных, за которые в настоящее время никто не берется.</p> |
|   |   |  |                           |   |   |

|   |  |   |                            |  |  |
|---|--|---|----------------------------|--|--|
| 8 | Институт промышленной экологии УрО РАН | <a href="http://www.iie.uran.ru">http://www.iie.uran.ru</a> | научное учреждение         | <p>ИПЭ УрО РАН развивает следующие основные направления научной деятельности: экологическая и радиационная безопасность энергетики и атомной промышленности; научные основы экологически безопасного и устойчивого развития территорий; экологически значимые физико-химические процессы в окружающей среде. Порядка 80% исследований института носят фундаментальный характер. Их результаты являются научно-методической основой для исследования широкого круга проблем различного масштаба, разработки и научного сопровождения концепций и программ федерального и регионального уровня. Они используются также и для исследования экологических проблем на уровне города, промышленной агломерации, отдельного предприятия. Реализация результатов научных исследований Института на практике осуществляется на основе лицензий на следующие виды деятельности: оценка воздействия на окружающую среду; экологический мониторинг; экологический аудит; экологический консалтинг; разработка нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую среду (выбросов, сбросов, размещения отходов); экспертиза деклараций промышленной безопасности радиационно опасных производств. В рамках данного проекта предполагается участие Лаборатории атмосферы, выполняющей собственные измерения углеродсодержащих парниковых газов как в рамках кампаний (в том числе и на о. Белый), так и на постоянной основе.</p> | <p>Сотрудники Лаборатории атмосферы обеспечат проект данными по наблюдению за приземной концентрацией углеродсодержащих парниковых газов (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO), которые будут получены во время полевых измерительных кампаний в Российской Арктике, что позволит осуществить верификацию данных полученных обращением спутниковых спектров, а также спектров пропускания атмосферы измеряемых с поверхности.</p> |
| 9 | Автономный университет Барселоны       | <a href="http://www.uab.cat">http://www.uab.cat</a>         | образовательное учреждение |  | <p>Вклад партнёра состоит в разработке методологии вычислительной термодинамики при моделировании структурно-фазовых переходов "лёд-вода" с формированием метастабильных фаз и структур в неравновесных условиях.</p>  |

|    |   |   |                    |   |   |
|----|---|---|--------------------|---|---|
|    |   |   |                    | Автономный университет Барселоны входит в TOP-100 предметных рейтингов QS (ранг 51-100 Физика и Астрономия). В участии в проекте заинтересована научная группа профессора Дэвида Жоу (David Jou) – выдающегося каталунского учёного в области термодинамики и статистической механики. Он является автором термодинамики третьего поколения. Вслед за классической термостатикой Уилларда Гиббса и необратимой термодинамикой Онзагера-Пригожина, Профессор Жоу создал Расширенную Необратимую Термодинамику (PHT, Extended Irreversible Thermodynamics - EIT). Расширяя классическую необратимую термодинамику, PHT не учитывает гипотезу локального равновесия, что позволяет термодинамически и кинетически описывать неравновесные процессы превращений и переноса. Книга „Extended Irreversible Thermodynamics“ Профессора Жоу с соавторами переиздана 4й раз в издательстве Springer, переведена на множество языков, включая русский язык («Расширенную Необратимую Термодинамику» ISBN 5-93972-569-4). Применение опыта и кооперация с Профессором Жоу в области фазовых переходов существенно улучшит качество научной и научно-прикладной работы по настоящему проекту. |   |
| 10 | Швейцарский институт технологий Лозанны | <a href="https://www.epfl.ch/">https://www.epfl.ch/</a> | научное учреждение | Швейцарский институт технологии Лозанны входит в TOP-100 предметных рейтингов ARWU, QS и THE. ARWU мировой ранг 76-100 (математика), 49 (физика), 35 (компьютерные науки); QS ранг 16 (физика и астрономия), 20 (математика), 18 (компьютерные науки); THE ранг 31 и ранг в предметной области физические науки 14. К участию в проекте привлечён хорошо известный швейцарский профессор Мишель Раппа (Michel Rappaz) - специалист в численном решении трехмерных пространственных задач формирования микроструктур в процессах таяния и замерзания. Привлечение профессора Раппа к проекту позволит существенно повысить уровень публикаций по проекту (он имеет большое число статей, входящих в первый квартиль в предметных областях по данным Journal Citation Reports, Web of Science Core Collection).   | Вклад партнёра состоит в адаптации модифицированных методов фазового поля и фазового кристаллического поля для описания структурных и фазовых превращений в метастабильной двухфазной области "лёд-вода". |

## 12.2 Ведущий представитель Партнера

| № | Официальное наименование партнера                                  | Фамилия   | Имя     | Отчество     | ID Scopus   | Ученая степень       | Ученое звание | Индекс Хирша |           |
|---|--|-----------|---------|--------------|-------------|----------------------|---------------|--------------|-----------|
| 1 | Университет Токио  | Имасу     | Риоичи  |              | 6603140704  | Doctor of Philosophy | Профессор     | 11           | imasu@ac  |
| 2 | Национальный исследовательский Томский государственный университет | Черепанов | Виктор  | Николаевич   | 7005114079  | Доктор наук          | Профессор     | 9            | vnch@ph   |
| 3 | Институт криосферы Земли СО РАН                                    | Горелик   | Яков    | Борисович    | 16509735700 | Доктор наук          | Без звания    | 3            | gorelik@i |
| 4 | АО "РАДИЙ"   | Сурков    | Дмитрий | Вячеславович |             |                      |               |              | info@met  |
| 5 | АО Уральское производственное предприятие ВЕКТОР                   | Петров    | Рудольф | Анатольевич  |             |                      |               |              | vektor@v  |
|   |  |           |         |              |             |                      |               |              |           |

|    |   |             |         |             |             |                      |           |    |            |
|----|---|-------------|---------|-------------|-------------|----------------------|-----------|----|------------|
| 6  | Федеральное государственное унитарное предприятие "Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры" | Севастьянов | Дмитрий | Анатольевич |             |                      |           |    | tsenki@rt  |
| 7  | Швейцарский институт технологии Лозанны   | Мишель      | Раппа   |             | 7004878451  | Doctor of Philosophy | Профессор | 44 | michel.ra  |
| 8  | Автономный университет Барселоны  | Дэвид       | Жоу     |             | 7005340374  | Doctor of Philosophy | Профессор | 31 | david.jou( |
| 9  | Институт промышленной экологии УрО РАН  | Поддубный   | Василий | Алексеевич  | 55340171200 | Кандидат наук        |           | 2  | vassily.po |
| 10 | Институт математики и механики им.Н.Н.Красовского УрО РАН   | Антонов     | Николай | Юрьевич     | 56238062300 | Доктор наук          |           | 1  | Nikolai.A  |

## 13 Коллектив проекта

## 13.1 Общее количество сотрудников проекта

| №      | Сотрудники проекта | Кол-во (чел) |
|--------|--------------------|--------------|
| 1      | Аспиранты          | 8            |
| 2      | АУП                | 4            |
| 3      | НПП                | 43           |
| 4      | Ординаторы         | 0            |
| 5      | Прочие             | 0            |
| 6      | Студенты           | 10           |
| Итого: |                    | 65           |

## 13.2 Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации

|   |   |
|---|---|
| Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации | <p>Научный руководитель проекта: Жён Жузель (Jean Jouzel), Франция - солауреат Нобелевской премии мира 2007 г., лауреат Vetlesen Prize 2012 г., являющейся эквивалентом Нобелевской премии в Науках о Земле, индекс Хирша – 77. Жён Жузель автор 35 научных статей, опубликованных в престижнейших мировых научных журналах Nature и Nature Geosciences, а также 16 статей, опубликованных в журнале Science. Жён Жузель всемирно известный климатолог, создатель метода «изотопического палеотермометра», благодаря которому удалось надежно изучить климат прошлого Земли за последние 800 тысяч лет по ледяным кернам из Антарктиды и Гренландии. Организатор и первый директор лаборатории наук о климате и окружающей среде Института Пьера Симона Лапласа, экс-директор Института Пьера Симона Лапласа. Научный коллектив из Уральского федерального университета включает сотрудников нескольких структурных подразделений, объединённых между собой общими научными интересами, совместными научными публикациями, выполненными ранее научными проектами по совместным отечественным и международным грантам, Федеральным целевым программам, государственным заданиям, научным опытом и большим заданием исследовательской работы по тематике настоящего проекта. Научный коллектив проекта из УрФУ состоит из 65 человек, из которых в выполнении проекта будет задействовано не менее 6 докторов и 10 кандидатов наук, 8 аспирантов и 10 студентов, 1 заслуженный изобретатель РФ. Для выполнения исследований, и повышения рейтинга публикаций к проекту привлечены ведущие учёные из Университета Токио, Автономного университета Барселоны, Швейцарского института технологии Лозанны, Института Пьера Симона Лапласа, Университета Йены им. Фридриха Шиллера, с которыми коллектив авторов проекта из УрФУ объединён многолетней научной работой. Для разработки ряда моделей, проведения части экспериментов, разработки опытных образцов и внедрения результатов проекта в практику, к проекту привлечены отечественные партнёры, среди которых Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры.</p> |
|---|---|

## 13.3 Научный коллектив проекта - ключевые сотрудники (3-5 ключевых сотрудников)

| № | Фамилия | Имя | Отчество | Год рождения | ID Scopus | Роль сотрудника в проекте | Ученая степень | Ученое звание | Индекс Хирша |
|---|---------|-----|----------|--------------|-----------|---------------------------|----------------|---------------|--------------|
|   |         |     |          |              |           |                           |                |               |              |

|   |         |     |                     |      |            |                         |                         |            |    |
|---|---------|-----|---------------------|------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|----|
| 1 | Жузьель | Жён | Целестин,<br>Август | 1947 | 7004954379 | Научный<br>руководитель | Doctor of<br>Philosophy | Без звания | 77 |
|   |         |     |                     |      |            |                         |                         |            |    |

|   |         |      |                |      |            |                          |                |           |    |
|---|---------|------|----------------|------|------------|--------------------------|----------------|-----------|----|
| 2 | Галенко | Пётр | Константинович | 1961 | 7004543519 | Ведущий<br>исследователь | Доктор<br>наук | Профессор | 22 |
|   |         |      |                |      |            |                          |                |           |    |

|   |             |         |             |      |            |                          |                |            |    |
|---|-------------|---------|-------------|------|------------|--------------------------|----------------|------------|----|
| 3 | Ташкун      | Сергей  | Анатольевич | 1955 | 6701661078 | Ведущий<br>исследователь | Доктор<br>наук | Без звания | 28 |
| 4 | Александров | Дмитрий | Валерьевич  | 1971 | 7004040164 | Ведущий<br>исследователь | Доктор<br>наук | Профессор  | 15 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|   |         |          |           |      |            |          |             |            |   |
|---|---------|----------|-----------|------|------------|----------|-------------|------------|---|
| 5 | Захаров | Вячеслав | Иосифович | 1955 | 7402991226 | Директор | Доктор наук | Без звания | 7 |
|---|---------|----------|-----------|------|------------|----------|-------------|------------|---|

## 13.4 Административный коллектив проекта - ключевые сотрудники (2-3 ключевых сотрудника)

| № | Фамилия | Имя | Отчество | Год рождения | ID Scopus | Роль сотрудника в проекте | Ученая степень | Ученое звание | Индекс Хирша | п |
|---|---------|-----|----------|--------------|-----------|---------------------------|----------------|---------------|--------------|---|
|   |         |     |          |              |           |                           |                |               |              |   |

|   |          |          |              |      |             |               |               |           |    |   |
|---|----------|----------|--------------|------|-------------|---------------|---------------|-----------|----|---|
| 1 | Полякова | Виктория | Владимировна | 1980 | 57132453000 | Администратор | Кандидат наук | Доцент    | 0  | S<br>U<br>M<br>M<br>I<br>C<br>2   |
| 2 | Иванов   | Алексей  | Олегович     | 1962 | 55235283700 | Администратор | Доктор наук   | Профессор | 17 | I<br>V<br>S<br>s<br>i<br>s<br>n<br>(<br>(<br>2<br>V<br>P<br>a<br>t<br>r<br>f<br>n<br>M<br>5<br>3<br>I<br>i<br>A<br>n<br>d<br>(<br>t<br>l<br>o<br>F<br>I |

## 13.5 Ведущий администратор проекта

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Фамилия                   | Сажин                 |
| Имя                       | Олег                  |
| Отчество                  | Владимирович          |
| Год рождения              | 1974                  |
| Id Scopus                 | 6701810593            |
| Роль сотрудника в проекте | Администратор         |
| Ученая степень            | Кандидат наук         |
| Индекс Хирша              | 7                     |
| Трудовые отношения        | Основное место работы |
| Основные                  |                       |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| реализованные проекты | Госконтракт П360 «Изучение тепломассопереноса в микро- и наноэлектромеханических системах с целью разработки и создания недорогостоящих датчиков массового расхода жидкости и газа» (руководитель Сажин О.В.), 2009-2011 гг., 3.2 млн. руб. Проект Минобрнауки РФ (постановление 220 Правительства РФ, договор № 11.G34.31.0064 от 27 октября 2011 г.) «Влияние изменения климата на водный и углеродный циклы в зоне таяния вечной мерзлоты Западной Сибири» (администратор Сажин О.В.), |
| E-mail                | oleg.sazhin@urfu.ru   |
| Телефон               | +7 (343) 261-08-00  |

## 13.6 Ответственный проректор университета

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| Фамилия      | Кружаев              |
| Имя          | Владимир             |
| Отчество     | Венедиктович         |
| Год рождения | 1951                 |
| E-mail       | v.v.kruzhaev@urfu.ru |
| Телефон      | 343 3754890          |

## 13.7 Руководитель(и) САЕ

| Фамилия    | Имя       | Отчество   | Год рождения | Id Scopus   | Роль сотрудника в проекте | САЕ  | Ученая степень | Индекс Хирша | Трудотнос       |
|------------|-----------|------------|--------------|-------------|---------------------------|--|----------------|--------------|-----------------|
| Германенко | Александр | Викторович | 1961         | 7004209644  | Другие участники ...      | Школа естественных наук и математики   | Доктор наук    | 12           | Осно мест работ |
| Шабунин    | Сергей    | Николаевич | 1954         | 16025300900 | Другие участники ...      | Инженерная школа информационных технологий, телекоммуникаций и систем управления | Доктор наук    | 2            | Осно мест работ |

## 14 Инфраструктура, материально-технические и информационные ресурсы проекта (структура затрат)

## 14.1 Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования.

|  |  |
|--|--|
| Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования. | К проекту будут привлечены ресурсы нескольких типов, а именно: уникальное в своем роде оборудование (только анализаторы Picasato L2130-i, G2401 обеспечивают приемлемую для климатических приложений точность) размещенное на уникальных в силу географического положения станциях наблюдения в г. Игарке и г. Лабитнанги; помещения принадлежащие УрФУ, в которых по большей части будут выполняться работы проекта, информационные ресурсы описывающие состояние глобальной климатической системы, поскольку только в глобальном контексте имеет смысл изучать региональный климат; программное обеспечение собственной разработки для решения прямых и обратных задач атмосферной оптики использующее уникальную базу данных спектральных параметров HITRAN; программное обеспечение для моделирования климата (модели ECHAM5-wiso, ECHAM6, LMDZ). Следует отметить, что хотя оборудование, в основном, принадлежит УрФУ, оно нуждается в регулярном обслуживании со стороны фирмы производителя, следовательно одним из условий использования данного оборудования, является его исправное функционирование. Именно поэтому в стоимость использования даже собственного для УрФУ оборудования необходимо закладывать стоимость комплектующих и обслуживания. Информационные ресурсы предоставляющие данные спутниковых измерений и ретроспективный климатический анализ находятся в открытом доступе для академического использования, программное обеспечение используется преимущественно открытого доступа. Ресурсы, предоставляемые производственными предприятиями «Вектор» и «Радий» будут использованы исключительно в целях будущего серийного производства комплексов аэрологического зондирования атмосферы. |
|--|--|

## 14.2 Основные задействованные помещения (здания, сооружения, лаборатории и т.п.)

| №  | Помещения   | Адрес  | Владелец  | Форма использования (договор) | Площадь (кв.м.) | Затраты на использование всего по проекту (млн руб.) |
|----|---|--|---|-------------------------------|-----------------|--|
| 1  | Помещения 221, 221а, 223  | г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, дом 48       | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | оперативное управление        | 106,            | ,000   |
| 2  | Помещение 150/9   | г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, дом 48       | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | оперативное управление        | 29,             | ,800   |
| 3  | Лаборатория многомасштабного математического моделирования, помещение 602                     | г. Екатеринбург, ул. Тургенева, дом 4        | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 34,             | ,000   |
| 4  | Лаборатория метрологии и измерений в телекоммуникационных системах                            | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 30,             | ,000   |
| 5  | Лаборатория исследований и разработки СВЧ устройств для телекоммуникационных систем           | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 30,             | ,000   |
| 6  | Лаборатория геоинформационных технологий и обработки данных дистанционного зондирования Земли | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 50,             | ,000   |
| 7  | Лаборатория моделирования, компьютерной математики и параллельных вычислений                  | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 20,             | ,000   |
| 8  | Центр электромагнитных измерений  | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 100,            | ,000   |
| 9  | Студенческий центр высоких технологий   | г. Екатеринбург, Мира 32                     | Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина | помещение УрФУ                | 100,            | ,000   |
| 10 | Испытательный полигон «УПП «Вектор»   | г. Екатеринбург, ул. Гагарина 28             | АО «УПП «Вектор»  | договор                       | 3000,           | ,000   |
| 11 | Климатическая испытательная лаборатория   | г. Екатеринбург, ул. Гагарина 28             | АО «УПП «Вектор»  | договор                       | 500,            | ,000   |
| 12 | Лаборатория испытаний надежности  | Челябинская обл., г. Касли, ул. Советская 28 | АО «Радий»  | договор                       | 100,            | ,000   |

|        |   |  |                    |         |        |      |
|--------|---|--|--------------------|---------|--------|------|
| 13     | Лаборатория неорганического синтеза Института химии твёрдого тела УрО РАН | Екатеринбург, ул. Первомайская, 91   | ИХТТ УрО РАН       | договор | 80,    | ,000 |
| 14     | Объединенная гидрометеорологическая станция «Верхнее Дуброво»             | Свердловская обл., Белоярский район, поселок Верхнее Дуброво, улица Аэрологическая 4 | Росгидромет        | договор | 12000, | ,000 |
| 15     | Цех самолетостроения  | г. Екатеринбург, ул. Малышева 145а лит. Ф  | ООО «КБ Аэростарт» | договор | 120,   | ,000 |
| 16     | Лётно-испытательная станция   | Аэродром "Площадка им. Кузнецова" севернее п.Красный Аduit                           | ООО «КБ Аэростарт» | договор | 40000, | ,000 |
| Итого: |   |  |                    |         | 56299, | ,800 |

## 14.3 Основное задействованное оборудование (установки, комплексы, сети, суперкомпьютеры и т.п.)

| № | Оборудование   | Адрес установки   | Владелец  | Форма использования (договор) | Предназначение   | Затраты на использование всего по проекту (млн руб.) |
|---|--|---|---|-------------------------------|--|--|
| 1 | Инфракрасный фурье-спектрометр высокого разрешения IFS125M (Брокер Оптик, Германия). | Россия, 623132, Свердловская область, г. Первоуральск, село Слобода, ул. Обсерватория | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление        | Регулярные измерения спектров пропускания атмосферы с целью определения и мониторинга содержания в полном атмосферном столбе парниковых газов, верификация спутниковых измерений.  | 1,000  |
| 2 | Изотопический анализатор жидкой воды и водяного пара L2130-i (Picarro, США)          | Россия, 623132, Свердловская область, г. Первоуральск, село Слобода, ул. Обсерватория | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление        | Непрерывное измерение изотопного состава водяного пара в атмосферном воздухе у поверхности с периодической калибровкой по жидким стандартным образцам. Полученные ряды данных используются для верификации изотопических моделей общей циркуляции атмосферы и для ограничения класса решений обратной задачи при определении изотопного состава водяного пара в атмосферном столбе из спутниковых и наземных спектральных измерений. | 1,500  |
| 3 | Изотопический анализатор жидкой воды и водяного пара L2130-i (Picarro, США)          | 629400 г. Лабитнанги, ул. Зеленая горка, д.21, АНИС ИЭРиЖ УрО РАН                     | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление        | Непрерывное измерение изотопного состава водяного пара в атмосферном воздухе у поверхности с периодической калибровкой по жидким стандартным образцам. Полученные ряды данных используются для верификации изотопических моделей общей циркуляции атмосферы и для ограничения класса решений обратной задачи при определении изотопного состава водяного пара в атмосферном столбе из спутниковых и наземных спектральных измерений. | 1,500  |

|   |  |   |   |                                  |  |       |
|---|--|---|---|----------------------------------|--|-------|
| 4 | Гибридный вычислитель кластерного типа "Уран"  | 620990, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 16                                    | Институт математики и механики им.Н.Н.Красовского УрО РАН                   | Договор между ИММ УрО РАН и УрФУ | Численные расчеты задач проекта с использованием параллельных вычислений   | ,000  |
| 5 | Изотопический анализатор жидкой воды и водяного пара L2130-i (Picarro, США)  | 663200, Красноярский край, Туруханский район, г. Игарка, 1 микрорайон, д. 8 а         | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление           | Непрерывное измерение изотопного состава водяного пара в атмосферном воздухе у поверхности с периодической калибровкой по жидким стандартным образцам. Полученные ряды данных используются для верификации изотопических моделей общей циркуляции атмосферы и для ограничения класса решений обратной задачи при определении изотопного состава водяного пара в атмосферном столбе из спутниковых и наземных спектральных измерений.   | 1,500 |
| 6 | Изотопический анализатор жидкой воды и водяного пара L2130-i (Picarro, США) с автоматическим пробоотборником для жидких образцов | Екатеринбург, ул. Куйбышева 48  | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление           | Измерение изотопного состава образцов осадков, воды выжатой из образцов почв, многолетнемерзлых грунтов, и растительности по мере их доставки из пунктов сбора и мест проведения полевых кампаний. Полученные ряды данных используются для верификации изотопических моделей общей циркуляции атмосферы и модели взаимодействия поверхность-атмосфера.   | ,500  |
| 7 | Анализатор парниковых газов (CO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O) G2401 (Picarro, США)                      | Россия, 623132, Свердловская область, г. Первоуральск, село Слобода, ул. Обсерватория | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление           | Определение концентрации парниковых газов (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> O) в атмосферном воздухе у поверхности. Ряды измерений используются для ограничения класса решений обратной задачи при определении содержания парниковых газов в атмосферном столбе из синхронных и свпадающих по месту измерения спутниковых и наземных спектральных измерений. Возможно использование для верификации моделей обмена атмосфера-поверхность в составе моделей общей циркуляции. | 1,500 |
| 8 | Анализатор парниковых газов (CO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O) G2401 (Picarro, США)                      | 20219, г. Екатеринбург, ГСП-594, ул. Софьи Ковалевской, 20а                           | Институт промышленной экологии УрО РАН                                      | Партнерство в проекте            | Определение концентрации парниковых газов (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, H <sub>2</sub> O) в атмосферном воздухе у поверхности. Ряды измерений используются для ограничения класса решений обратной задачи при определении содержания парниковых газов в атмосферном столбе из синхронных и свпадающих по месту измерения спутниковых и наземных спектральных измерений. Возможно использование для верификации моделей обмена атмосфера-поверхность в составе моделей общей циркуляции. | ,000  |
|   |  |   |   |                                  |  |       |

|        |   |   |   |                        |   |      |
|--------|---|---|---|------------------------|---|------|
| 9      | Мобильная лаборатория на основе автомобиля Фольксваген Крафтер 30 | Россия, 623132, Свердловская область, г. Первоуральск, село Слобода, ул. Обсерватория | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина | Оперативное управление | Мобильная лаборатория будет использоваться для двух типов полевых кампаний, проводимых в окрестностях Екатеринбурга и Коуровской астрономической обсерватории: 1) полевые измерения изотопного состава водяного пара в воздухе или парниковых газов в зависимости от типа установленного на борту спектрометра (L2130-і или G2401) и 2) полевые измерения с помощью аэрологического комплекса и/или беспилотного летательного аппарата для отбора проб воздуха. | ,800 |
| Итого: |   |   |   |                        | 8,300   |      |

## 14.4 Основные задействованные информационные ресурсы (ПО, базы данных, библиотеки и т.п.)

| № | Информационные ресурсы  | Владелец   | Форма использования (договор)        | Предназначение   | Затраты на использование всего по проекту (млн руб.) |
|---|---|--|--------------------------------------|--|--|
| 1 | <a href="http://apps.ecmwf.int/datasets/">http://apps.ecmwf.int/datasets/</a><br>Данные ретроспективного климатического анализа ERA-Interim | Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF)   | В открытом доступе                   | Анализ климата прошлого с 1979 года по настоящее время, начальные и граничные условия для расчетов с использованием моделей общей циркуляции атмосферы, начальное приближение состояния атмосферы при обращении спутниковых данных и данных наземных спектральных измерений. | ,000   |
| 2 | <a href="http://apps.ecmwf.int/datasets/">http://apps.ecmwf.int/datasets/</a><br>Данные ретроспективного климатического анализа MACC        | Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF)   | В открытом доступе                   | Анализ распределения метана в атмосфере в прошлом, начальное приближение состояния атмосферы при обращении спутниковых данных и данных наземных спектральных измерений для определения содержания метана   | ,000   |
| 3 | <a href="http://www.esrl.noaa.gov">http://www.esrl.noaa.gov</a> , Данные ретроспективного климатического анализа NCEP/NCAR и NCEP-DOE       | Национальная администрация по атмосфере и океану (США), Лаборатория изучения системы Земли (ESRL), Отдел физических наук (PSD) | В открытом доступе                   | Данные используются в качестве начального приближения при восстановлении атмосферных параметров из данных спектральных измерения с поверхности и со спутников с помощью ПО FIRE-ARMS (УрФУ) и GFIT (сеть TCCON).   | ,000   |
| 4 | <a href="http://data.gosat.nies.go.jp">http://data.gosat.nies.go.jp</a> , Портал доступа к данным спутника GOSAT                            | Национальный институт изучения окружающей среды (NIES), Япония   | В открытом доступе                   | Спектры, измеренные спектрометрией TANSO-FTS на борту спутника GOSAT, используются для определения содержания углекислого газа, метана, изотопологов воды в атмосфере.   | ,000   |
| 5 | <a href="https://eoportal.eumetsat.int">https://eoportal.eumetsat.int</a> , Портал наблюдения за Землей                                     | Европейская организация эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT)  | В открытом доступе                   | Спектры, измеренные спектрометрией IASI на борту спутников серии METOP, используются для определения содержания метана и HDO в атмосфере.  | ,000   |
| 6 | <a href="http://lib.urfu.ru">http://lib.urfu.ru</a> , Портал библиотеки УрФУ  | Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина  | Доступ в локальной сети университета | Получение научной периодики, доступ к полнотекстовым базам данных научных публикаций   | ,000   |
| 7 | База данных спектральных параметров HITRAN, <a href="https://www.cfa.harvard.edu/hitran/">https://www.cfa.harvard.edu/hitran/</a>           | Отдел атомной и молекулярной физики Гарвардского-Смитсоновского центра Астрофизики.  | Открытый доступ                      | База спектральных параметров колебательно-вращательных переходов в молекулах, составляющих атмосферу Земли необходима для решения прямых и обратных задач атмосферной оптики, является необходимым компонентом ПО FIRE-ARMS (УрФУ).  | ,000   |



|   |   |  |  |            |            |            |            |            |
|---|---|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий.       | <p>1. Накопление данных спутниковых наблюдений, покрывающих область исследования. Накопление вспомогательной информации (данные реанализа NCEP/NCAR, ERA-Interim, данные радиозондов и др.).</p> <p>2. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы на Уральской атмосферной Фурье станции и накопление измеренных данных.</p> <p>3. Результаты наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы, синхронизированные по времени со спутниковыми измерениями.</p> <p>4. Результаты обработки спутниковых спектральных данных для определения распределения H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосфере над областью исследования.</p> <p>5. Результаты обработки данных наземных измерений ИК спектров пропускания безоблачной атмосферы для определения количества H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> в атмосферном столбе. Накопление временных рядов данных.</p> <p>6. Сравнение и анализ данных спутникового зондирования и</p> | Повышение концентрации парниковых газов в атмосфере Земли является механизмом, который вызывает потепление климата, с другой стороны, глобальное распределение парниковых газов является одним из наборов входных параметров для климатических моделей. Таким образом, поскольку только спутниковые данные обеспечивают полное глобальное покрытие данными о парниковых газах, то ассимиляция этих данных необходима для правдоподобного прогнозирования климата и состояния вечной мерзлоты в Российской Арктике. | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
| 2 | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла. | <p>данных наземного ИК зондирования H<sub>2</sub>O, dD, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.</p> <p>7. Определение и характеристика источников и стоков парниковых газов в Российской Арктике.</p>  |  | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |

|   |   |   |  |   |             |             |             |             |
|---|---|---|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   |   | <p>1. Созданные арктические (в гг. Лабитнанги и Игарка) станции мониторинга состояния атмосферы, включая изотопный состав водяного пара в атмосфере с целью проверки и настройки моделей общей циркуляции атмосферы серии ECHAM и LMDZ, учитывающих фракционирование изотопов воды.</p> <p>2. Образцы осадков, отобранные на станциях мониторинга для последующего изотопного анализа с использованием лабораторного лазерного анализатора Picarro . L2130-i.</p> <p>3. Полученные данные in situ по парниковым газам (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) в организованных в рамках проекта местах сети постоянных наблюдений.</p> | <p>В последнее десятилетие активно развиваются модели общей циркуляции, учитывающие изотопное фракционирование изотопологов воды в процессах фазовых превращений. Это позволяет использовать измерения изотопного состава водяного пара в атмосфере, осадков, снега и льда в качестве трассеров качества работы моделей общей циркуляции атмосферы, что, в свою очередь, позволяет осуществлять более точную настройку моделей и улучшать ее прогностические свойства.</p> |   |             |             |             |             |
| 3 | <p>Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири.</p> |   |  | - | III квартал | III квартал | III квартал | III квартал |

|   |  |   |   |            |            |            |   |   |  |
|---|--|---|---|------------|------------|------------|---|---|--|
|   |  | <p>1. Базы данных по температурному профилю и профилю влажности на ключевых участках в активном слое вечной мерзлоты.</p> <p>2. Результаты полевых работ 2017 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</p> <p>3. Результаты полевых работ 2018 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</p> <p>4. Результаты полевых работ 2019 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</p> <p>5. Результаты полевых работ 2020 г. по отбору образцов почвы и растительности, измерению глубины промерзания и оттаивания.</p> <p>6. Результаты изотопного анализа отобранных образцов растительности, почвы и образцов вечной мерзлоты.</p> <p>7. Полное включение изотопов в модель ORCHIDEE (включая вечную мерзлоту) и стыковка с моделью LMDZ-iso. Моделирование с 1990 г. до настоящего времени.</p> <p>8. Результаты параллельного моделирования с использованием JSBACH и ECHAM5 и/или ECHAM6. Сравнение и анализ результатов.</p> | <p>Актуальность данного результата двойная: во-первых результат представляет собой фактический материал, который продолжит уже собранный с 2011 года о состоянии мерзлоты, во-вторых матриал послужит для верификации модулей климатических моделей ответственных за взаимодействие атмосферы и подстилающей поверхности.</p> |            |            |            |   |   |  |
| 4 |  |   |   | II квартал | IV квартал | IV квартал | - | - |  |

|   |  |  |  |            |            |            |            |            |
|---|--|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|
|   | <p>Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.</p>   | <p>1. Комплекс технических средств для забора проб воздуха в заданных координатах на заданных высотах в атмосферном слое перемешивания и доставка их на землю.<br/> 2. Бортовой комплекс беспилотного летательного аппарата (БПЛА), результаты измерений температуры, относительной влажности, давления.<br/> 3. Методика применения данных стандартного аэрологического зондирования атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.<br/> 4. Методика применения радиометрического измерения параметров атмосферы для обеспечения прецизионного зондирования следовых газов и их изотопологов в атмосфере.</p> | <p>Комплекс для отбора проб воздуха с последующим анализом послужит цели накопления статистических ансамблей вертикальных профилей в атмосфере, которые будут востребованы как технологиями обращения спутниковых данных, так и использованы для верификации моделей общей циркуляции атмосферы.</p> |            |            |            |            |            |
| 5 | <p>Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике.</p> |  |  | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |

|  |  |  |   |  |  |  |  |  |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>1. Фазовые портреты детерминированной климатической системы, ее аттракторов. Фазовые траектории при различных параметрах климатической системы.</p> <p>2. Результаты анализа стохастической динамики климатической системы при наличии стохастических воздействий (шумов), моделирующих флуктуации различных климатических параметров, а также их экспериментально известную дисперсию. Определение влияния аддитивных и параметрических шумов на нелинейную динамику климата.</p> <p>3. Определение вызванных шумами переходов между аттракторами климатической системы, нахождение бифуркаций климата при различных интенсивностях шумов, определение параметров системы, ответственных за катастрофические сценарии эволюции климата.</p> <p>4. Определение стохастической чувствительности климатических равновесий, прогноз нелинейной динамики климата при различных типах и интенсивностях стохастических воздействий.</p> <p>5. Модифицированный пакет прикладных программ глобального моделирования с учётом данных мониторинга.</p> | <p>Результаты моделирования стохастической динамики климатической системы могут быть сравнены с усредненным выводом климатических моделей и результатами ретроспективного анализа, что позволит, с одной стороны, оценить правдоподобие стохастической модели, а с другой стороны, сделать выводы о характере климатического процесса с точки зрения стохастической динамики.</p> |  |  |  |  |  |
|  |  |  |   |  |  |  |  |  |

|   |   |   |  |            |            |            |            |            |
|---|---|---|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 6 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд». | <p>1. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда вблизи точки фазового перехода, междендритного расстояния и пористости области фазового перехода.</p> <p>2. Результаты симуляций фазово-полевой модели для моделирования кристаллов льда в динамике.</p> <p>3. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда в произвольных температурных условиях. Результаты моделирования динамики таяния льда.</p> <p>4. Разработка фазово-полевой модели локально-неравновесных процессов замерзания льда. Результаты модельных расчётов.</p> <p>5. Определение критерия устойчивого роста дендритов льда с учетом течений. Результаты моделирования динамики таяния льда.</p> <p>6. Модель фазового поля формирования и таяния кристаллов в соленой воде. Результаты компьютерного моделирования.</p> <p>7. Формулировка и результаты решения задач промерзания грунта и формирования ледяного покрова в рамках теорий двухфазной зоны и фазового поля.</p> <p>8. Разработка модуля пакета программ эволюции кристаллов льда для применения к задаче глобального моделирования.</p> | <p>В настоящее время моделирование морского льда в рамках климатических моделей имеет существенные трудности, так что вместо моделирования морского льда, климатические модели зачастую используют результаты спутниковых наблюдений предыдущих лет. Улучшение понимания процессов образования морского льда, вероятно, позволит подойти к созданию модулей климатических моделей способных правдоподобно моделировать образование и исчезновение морского льда.</p> | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
|   |   |   |  |            |            |            |            |            |

|   |   |  |  |            |            |            |            |            |
|---|---|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 7 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды. | <p>1. Континуальная модель фазового кристаллического поля. Результаты компьютерного моделирования по разработанной модели.</p> <p>2. Континуальная атомистическая модель фазового кристаллического поля: структурные диаграммы, аналитические и численные решения.</p> <p>3. Анализ выбранной дискретной атомистической модели молекулярной динамики для моделирования льда и воды. Результаты компьютерных симуляций по данной модели.</p> <p>4. Численные решения кристаллизации и аморфизации воды по континуальной атомистической модели фазового кристаллического поля.</p> <p>5. Атомистической модели молекулярной динамики для льда и воды: результаты для различных кристаллических модификаций воды с учетом структурных превращений и аморфизации.</p> <p>6. Два пакета прикладных программ континуального и дискретного моделирования таяния/ кристаллизации и аморфизации льда.</p> <p>7. Результаты компьютерных симуляций по разработанным пакетам прикладных программ.</p> | Микроскопическое моделирование необходимо для определения равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов и воды. Эти данные (атомные мобильности, поверхностные энергии, кинетические коэффициенты роста граней кристаллов льда и т. д.) в настоящее время не являются доступными. Поэтому атомистическое моделирование является неотъемлемой частью многомасштабного компьютерного моделирования формирования структуры ледяных покровов и многолетнемерзлых грунтов. | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
|   |   |  |  |            |            |            |            |            |

|   |  |   |  |            |            |            |            |            |
|---|--|---|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 8 | <p>Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Водный изотопический модуль в новейшей версии модели общей циркуляции ECHAM6 – модель ECHAM6-wiso. Верификация модели по накопленным временным рядам данных спутникового и наземного зондирования.</li> <li>2. Идентификация основных источников воды для водяного пара и осадков над всей территорией Сибири с использованием модели ECHAM6-wiso, дополненной возможностью учитывать источники воды.</li> <li>3. Количественная оценка влияния локальной рециркуляции на осадки в Российской Арктике в летнее время.</li> <li>4. Определение влияния крупномасштабных экстремальных событий (таких, как тепловые волны на территории России) на гидрологический цикл Арктической зоны Сибири.</li> <li>5. Результаты параллельного моделирования с использованием модели LMDZ-iso, сравнение с экспериментальными данными.</li> <li>6. Сравнительный анализ результатов моделирования ECHAM6-wiso и LMDZ-iso.</li> <li>7. Модельный прогноз климата (включая изотопологи воды) до 2070 г.</li> </ol> | <p>Предполагается, что в результате выполнения задачи, в руках группы исследователей, задействованных в проекте, появится версия модели ECHAM6, не только дополненная изотопическим модулем, но и наилучшим образом адаптированная для прогнозирования климата в Российской Арктике.</p> | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
| 9 |  |   |  | II квартал |            |            |            |            |

|  | <p>Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики.</p> | <p>1. Описание и картирование типичных ландшафтов Российской Арктики.<br/>2. Фактическая информация по температурному режиму различных ландшафтных типов.<br/>3. Прогнозы температурного режима массива многолетнемёрзлых грунтов для различных типов ландшафтов для нескольких трендов климатических факторов.<br/>4. База данных теплофизических параметров различных типов грунтов в окружении различных типов сооружений.<br/>5. Фактическая информация по температурному режиму различных оснований сооружений для разных ландшафтных типов по данным центров геотехнического мониторинга.<br/>6. Прогнозы изменений температурных режимов грунтовых оснований сооружений для различных трендов изменения климата.</p> | <p>Предполагается, что в результате выполнения данной задачи будет накоплен такой фактический материал, что позволит разработать модели мерзлоты, пригодные для встраивания в качестве модулей в климатические модели. Фактический материал послужит для верификации модельных представлений с тем, чтобы воспользоваться новыми моделями для прогнозирования состояния многолетнемерзлых пород для различных сценариев выбросов парниковых газов на планете.</p> |  | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
|--|--|---|---|--|------------|------------|------------|------------|
|  |  |   |   |  |            |            |            |            |

|    |   |  |   |            |            |            |            |            |
|----|---|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| 10 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства. | <p>1. Экспедиционный мобильный комплекс радиозондирования атмосферы, включающий: легкий радиозонд (не более 100 г) с высоким пространственным и временным разрешением определения метеопараметров по ветру и высоте, блок быстродействующих (обладающих малым временем реакции в отрицательном диапазоне температур) датчиков радиозонда для измерения температуры и влажности воздуха с низкой радиационной коррекцией, компактный генератор водорода для наполнения шаров-зондов в условиях севера.</p> <p>2. Прецизионный блок предполётной проверки радиозонда и датчиков метеорологических параметров.</p> <p>3. Аппаратура для развертывания наземной измерительной сети температуры почвы, автоматизированного сбора и обработки данных, с размером площадки 100x100 метров.</p> <p>4. Модернизация аэрологического радиолокационного вычислительного комплекса "Вектор-М" для применения в условиях Арктики (в диапазоне от -50 до +40 С).</p> <p>5. Серийное производство модернизированного комплекта «Вектор-М».</p> <p>6. Водоактивируемая батарея для радиозонда.</p> | <p>Результаты разработки измерительных комплексов пригодятся не только в рамках проекта для накопления фактической информации и верификации прогностических моделей, но как практический результат, который будет востребован в РФ всеми, кто нуждается в оперативной оценке состояния атмосферы.</p> | II квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал | IV квартал |
|----|---|--|---|------------|------------|------------|------------|------------|

## 16.2 Календарный план реализации проекта - KPI

| № | Задача  | KPI  | Комментарий   | 2017 1-ое полугодие | 2017 2-е полугодие | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|------|---|---------------------|--------------------|------|------|------|------|
| 1 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий. | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10                  | 10                 | 10   | 10   | 10   | 10   |
| 2 | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий. | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6                   | 6                  | 6    | 6    | 6    | 6    |
|   |   |      |   |                     |                    |      |      |      |      |

|    |  |      |   |    |    |    |    |    |    |
|----|--|------|---|----|----|----|----|----|----|
| 3  | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий.                      | КР13 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 4  | Дистанционное зондирование целевых компонент атмосферы Российской Арктики с использованием новых спутниковых и наземных технологий.                      | КР14 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 5  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | КР11 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 6  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | КР12 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 7  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | КР13 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 8  | Создание российского сегмента организуемой международной Пан-Арктической сети мониторинга изотопических трассеров гидрологического цикла.                | КР14 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 9  | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. | КР11 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. | КР12 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 11 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. | КР13 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 12 | Полевые термодинамические и биохимические исследования взаимодействия поверхность-атмосфера, почва-растительность в торфяниках и вечной мерзлоте Сибири. | КР14 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
|    |  |      |   |    |    |    |    |    |    |

|    |   |      |   |    |    |    |    |    |    |
|----|---|------|---|----|----|----|----|----|----|
| 13 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.   | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 14 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.   | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 15 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.   | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 16 | Разработка технологии радиозондирования атмосферы Российской Арктики, прецизионное зондирование следовых газов и их изотопологов в пограничном слое атмосферы с использованием беспилотных аппаратов.   | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 17 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 18 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 19 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 20 | Макроскопическое моделирование нелинейной динамики эволюции климата на основе глобальных многопараметрических моделей. Определение критических динамических сценариев и параметров системы для моделирования взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике. | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 21 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
|    |   |      |   |    |    |    |    |    |    |

|    |   |      |   |    |    |    |    |    |    |
|----|---|------|---|----|----|----|----|----|----|
| 22 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 23 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 24 | Мезоскопическое моделирование диффузной зоны структурно-фазового перехода «вода-лёд».   | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 25 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 26 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 27 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 28 | Микроскопическое моделирование равновесных, кинетических и анизотропных объёмных и поверхностных свойств ледяных кристаллов морской воды.                                     | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 29 | Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы. | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 30 | Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы. | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 31 | Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы. | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |

|    |   |      |   |    |    |    |    |    |    |
|----|---|------|---|----|----|----|----|----|----|
| 32 | Моделирование атмосферной циркуляции, гидрологического цикла и взаимодействий атмосфера-поверхность в Российской Арктике с использованием моделей общей циркуляции атмосферы.   | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 33 | Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики. | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 34 | Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики. | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 35 | Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики. | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 36 | Моделирование отклика термодинамического состояния многолетнемёрзлых грунтов на изменение климатических факторов в типичных ландшафтных условиях и для конкретной техногенной обстановки территорий Российской Арктики. | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 37 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.   | KPI1 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 кандидатов наук. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 38 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.   | KPI2 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 6 докторов наук.    | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 39 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.   | KPI3 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 8 аспирантов.       | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 40 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.   | KPI4 | В выполнении данной задачи в каждый отчётный год будет задействовано не менее 10 студентов.       | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 41 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства.   | KPI5 | Количество выпущенных радиозондов в интересах проекта   | 0  | 0  | 20 | 20 | 20 | 0  |

|    |   |      |  |   |   |    |     |     |   |
|----|---|------|--|---|---|----|-----|-----|---|
| 42 | Создание новой техники для климато-экологического мониторинга и организация её опытно-промышленного производства. | КР16 | Количество датчиков сети измерения температуры почвы | 0 | 0 | 30 | 100 | 100 | 0 |
|----|---|------|--|---|---|----|-----|-----|---|