

## Форма 501 Краткий научный отчет

1.1.	Номер проекта	15-55-71004
1.2.	Руководитель Проекта	Курчатова Анна Николаевна
1.3.	Название Проекта	Антропогенные острова тепла в Арктике - окна в будущее региональных климатических условий, экосистем и социума (HIARC)
1.4.	Код и название Конкурса	Конкурс 2015 года инициативных научных проектов, проводимый РФФИ совместно с организациями, финансирующими научные исследования в Канаде, Китае, Франции, Исландии, Индии, Италии, Японии, Норвегии, Великобритании и США
1.5.	Год представления Отчета	2017
1.6.	Вид Отчета	Отчет 3-го периода
1.7.	Аннотация, публикуемая на сайте Фонда (не более 1 стр.; описать содержание фактически проделанной работы и полученные результаты за период, на который предоставлен грант; для итогового отчета - описать содержание фактически проделанной работы и полученные результаты за весь период работы по Проекту)	<p>Выполнены комплексные исследования теплового воздействия и урбанизации на окружающую среду, а также связанных с ними рисков и социальных проблем промышленного освоения арктических территорий. За три года в рамках Проекта в Евразийском арктическом регионе была создана наблюдательная сеть Urban Heat Island Arctic Research Campaign (UHIARC) в городах: Надым, Новый Уренгой, Апатиты. Сеть включает в себя массив регистраторов температуры воздуха (iButton) и автоматическую метеорологическую станцию Davis Pro в каждом из городов. Наблюдения UHIARC показали сильные положительные аномалии температуры, известные как городские тепловые острова (UHI), со средней зимней интенсивностью 0,7-1,4 К, до экстремальных значений 7.1К во время холодных антициклонических условий. Разработана методика оценки поверхностного острова тепла (SUHI — Surface Urban Heat Island) и классического городского острова тепла (UHI) в арктической зоне с проведением вычислительного эксперимента с различными версиями региональной климатической модели COSMO-CLM с учетом параметризации городской застройки. Для вычислений использовался суперкомпьютер «Ломоносов 2» МГУ.</p> <p>Исследования динамики растительности с использованием нормализованного вегетационного индекса (NDVI) по данным MODIS с высоким разрешением (250 м) за 2000-2014 гг показывают повышение продуктивности растительности в лесотундре и тундре по сравнению со снижением этого показателя в северной тайге Западной Сибири. Полученные тенденции NDVI<sub>max</sub> сильно фрагментированы, статистически значимые тенденции наблюдаются на участках с песчаными почвами и в пределах антропогенно-нарушенных территорий. Сравнительный анализ NDVI<sub>max</sub> 28 урбанизированных/промышленных центров региона и их окрестностей выявил, что NDVI<sub>max</sub> в городских центрах на 15-40% ниже по сравнению с фоновыми значениями. В то же время за период исследований (15 лет) многие города стали значительно более зелеными. Эта тенденция отражает как целенаправленные усилия по улучшению экологической ситуации, так и влияние городского теплового острова на</p>

характеристики почвенного слоя.

Выполнено численное моделирование теплового взаимодействия песчаной насыпи и мерзлых грунтов оснований для оценки роли природных и техногенных факторов в формировании температурного режима грунтов и их прочностных характеристик. Повышение температуры мерзлых грунтов оснований песчаных насыпей обусловлено взаимным влиянием высокой снегозаносимости промышленных площадок и последующей инфильтрацией талых вод в техногенные грунты. Установлено, что использование в расчетах справочных климатических показателей без учета наблюдаемого повышения температуры воздуха приводит к отклонениям прогнозных моделей от фактических данных. На основе проведенных исследований выделены основные типы азональных тепловых полей в криолитозоне: радиационно-теплого и гидрогенно-теплого генезиса. Контрастность температурного поля антропогенно-измененной территории, как в ее пределах, так и по сравнению с окружающими естественными ландшафтами, имеет прямую зависимость от площади и мощности техногенных насыпей. Для решения этой проблемы необходимо обязательное проектирование инженерной защиты площадок от обводнения грунтов, а также применение гидроизоляционных материалов при инженерной подготовке территории.

Проведены медико-биологические исследования и социокультурные опросы коренных народов Севера на примере разновозрастных групп ненцев, проживающих в г. Тарко-Сале и п. Самбург (ЯНАО), которые составляют группу региональных мигрантов с резкой сменой традиционного жизненного уклада коренных народов Севера. Показана динамика адаптационных процессов внутренней миграции коренных малочисленных народов Севера к новым условиям существования с качественными изменениями в различных сферах. При этом взаимодействие психики и иммунной системы направлено на обеспечение жизнедеятельности организма, в то время как эндокринная система принимает косвенное участие в адаптационном процессе.

## Форма 503\_ Развернутый научный отчет

3.1.	Номер Проекта	15-55-71004
3.2.	Название Проекта	Антропогенные острова тепла в Арктике - окна в будущее региональных климатических условий, экосистем и социума (UHIARC)
3.3.	Коды классификатора	05-610 Общая циркуляция атмосферы и динамическая метеорология, 04-360 Общая и медицинская иммунология, 05-340 Геокриология
3.4.	Цель и задачи фундаментального исследования	
3.5.	Важнейшие результаты, полученные в ходе реализации Проекта	<p>Впервые в Арктической зоне РФ (Надым, Новый Уренгой, Апатиты) создана сеть Urban Heat Island Arctic Research Campaign (UHIARC) для наблюдения за высокочастотной изменчивостью городских островов тепла. Наблюдения UHIARC показали сильные положительные аномалии температуры, известные как городские тепловые острова (UHI) со средней зимней интенсивностью 0,7-1,4 К, до экстремальных значений 7.1К во время холодных антициклонических условий. Разработана методика оценки поверхностного острова тепла (SUHI — Surface Urban Heat Island) и классического городского острова тепла (UHI) в арктической зоне с проведением вычислительного эксперимента с различными версиями региональной климатической модели COSMO-CLM с учетом параметризации городской застройки. Для вычислений использовался суперкомпьютер «Ломоносов 2» МГУ.</p> <p>При поддержке гранта РФФИ продолжены и расширены наблюдения за термическим состоянием мерзлых грунтов на территории Пур-Надымского междуречья (НГКМ Уренгойское), которые выполняются Институтом криосферы Земли СО РАН с 1974 г. Данные включены в международную базу Thermal State of Permafrost (<a href="http://gtnpdatabase.org/">http://gtnpdatabase.org/</a>). Установлено существенно повышение среднегодовой температуры воздуха и горных пород (до 2,8°C в южной лесотундре и около 2,0°C в южной тундре) на фоне отдельных циклов похолодания. Исследования динамики растительности с использованием нормализованного вегетационного индекса (NDVI) по данным MODIS с высоким разрешением (250 м) за 2000-2014 гг показывают повышение продуктивности растительности в лесотундре и тундре по сравнению со снижением этого показателя в северной тайге Западной Сибири. Полученные тенденции NDVI<sub>max</sub> сильно фрагментированы, статистически значимые тенденции наблюдаются на участках с песчаными почвами и в пределах антропогенно-нарушенных территорий. Сравнительный анализ NDVI<sub>max</sub> 28 урбанизированных/промышленных центров региона и их окрестностей выявил, что NDVI<sub>max</sub> в городских центрах на 15-40% ниже по сравнению с фоновыми значениями. В то же время за период исследований (15 лет) многие города стали значительно более зелеными. Эта тенденция отражает как целенаправленные усилия по улучшению экологической ситуации, так и влияние городского теплового острова на</p>

характеристики почвенного слоя.

Численным моделированием теплового взаимодействия песчаной насыпи и мерзлых грунтов оснований установлено, что повышение температуры мерзлых грунтов оснований насыпей обусловлено взаимным влиянием высокой снеготранспортируемости промышленных площадок и последующей инфильтрацией талых вод в техногенные грунты. По результатам прогнозных расчетов установлены природные и техногенные факторы, в частности, неучтенные при проектировании, определяющие формирование температурного режима мерзлых грунтов насыпей: инфильтрация талых снеговых вод ~ до 50 % (при условии, если высота насыпи превышает нормативную глубину сезонного оттаивания грунтов); повышенное снегонакопление – до 35 %; рост температуры воздуха – до 20 %. Показано, что использование в расчетах справочных климатических показателей без учета наблюдаемого повышения температуры воздуха приводит к отклонениям прогнозных моделей от фактических данных.

Медико-биологические и социальные исследования разновозрастных групп коренных народов, проживающих в поселках и городах ЯНАО, выявили, что в наибольшей степени трансформация жизненного уклада затрагивает детей школьного возраста, оторванных от родителей и традиционного быта. Адаптация к новым условиям школы-интерната включает изменение пищевого рациона, резкое расширение социального круга и пр., что приводит к стрессовому ослаблению защитных механизмов, с которыми, вероятно, связаны частые простудные заболевания, особенно в течение первых четырех лет обучения.

Сравнительный анализ результатов медико-биологических исследований взрослых ненцев, проживающих в г. Тарко-Сале (21 300 чел.) и п. Самбург (около 2 тыс. чел.) выявил, что у ненцев, проживающих в г. Тарко-Сале, чаще регистрируются заболевания, ассоциированные со вторичными иммунодефицитными состояниями, по сравнению с коренным населением п. Самбург, установлено более высокое содержание в крови лейкоцитов ( $p < 0,01$ ), базофилов ( $p < 0,001$ ), сегментоядерных нейтрофилов ( $p < 0,001$ ), IgA ( $p < 0,01$ ), CD3+ ( $p < 0,05$ ) и снижение моноцитов ( $p < 0,05$ ), лимфоцитов ( $p < 0,001$ ), IgM ( $p < 0,001$ ), CD95+ нейтрофилов ( $p < 0,05$ ) и ИЛ-4 ( $p < 0,01$ ). У кочующих аборигенов выявлен выраженный диссонанс в содержании йодтиронинов: смещение пределов колебаний общего и свободного трийодтиронина в сторону верхних границ нормы при смещении пределов колебаний свободных фракций тироксина в сторону нижних границ нормы.

3.6. Сопоставление результатов, полученных в ходе реализации с мировым уровнем

Сеть UHIARC выявила сильные и постоянные UHI в арктических городах в зимний период 2016-2017 гг. Этот вывод является неожиданным в контексте оцениваемой литературы. Действительно, ранние гипотезы приписывали UHI солнечному тепловому улавливанию и перераспределению в течение суточного цикла, так что максимальная UHI должна наблюдаться в летние ночи (Oke, 1981). Позднее стало очевидно, что UHI является менее тонким явлением с теплыми городскими аномалиями, наблюдаемыми в течение дня (например, Oke, 2006; Steeneveld et al., 2011).

Результаты измерений UHIARC выявили довольно сильный и постоянный UHI во всех изученных городах. Средняя зимняя интенсивность острова тепла колеблется от 0,7 до 1,4 К, 95 перцентиль составляет 4 - 5 К, а 99 перцентиль превышает 7,1 К. Эти значения сопоставимы или даже превышают интенсивность UHI, о которых сообщают в гораздо более крупных городах по всему миру. В Лондоне (Wilby, 2003), Белград (Unkašević et al.,

2001) и Szeged (Unger, 1999) сообщалось о зимнем УНІ около 1К или ниже. Значения 95 и 99 перцентилей аналогичны выводам для Барселоны (Moreno-Garcia, 1994) и для ряда голландских городов (Steenefeld et al., 2011). За длительный период геокриологического мониторинга на территории Уренгойского НГКМ в пределах лесотундры – южных тундр Западной Сибири установлено существенно повышение среднегодовой температуры воздуха и горных пород (до 2,8°C в южной лесотундре) на фоне отдельных циклов похолодания, которые регистрируются и в других арктических районах РФ, а также за рубежом. В частности, близкая корреляция роста температур воздуха и мерзлых грунтов отмечена на Аляске (США), где в аналогичных природных зонах также отмечено сокращение площадей, на которых развиты низкотемпературные ММП (State of climate in 2015 / Bulletin of the American Meteorological Society. 2016. Т. 97. № 8. - 275 pp.).

На VIII Международном форуме коренных народов, который прошел в марте 2017 г. Салехард (ЯНАО) представитель Саамского Совета из Норвегии Гунн Бритт Реттер подчеркнул не только единство оленеводческих культур, но и сходство вызовов цивилизации, которые стоят перед северными народами разных стран. Большинство делегатов форума высказалось о том, что главным ключом к устойчивому развитию коренных народов является образование, которое должно сохранить язык народа, а, следовательно, и накопленные аборигенами знания о природе (Ямальский меридиан, 2017. №4).

3.7. Методы и подходы, использованные в ходе реализации Проекта (описать, уделив особое внимание степени оригинальности и новизны)

1. Измерительные технологии.

1.1. Впервые в Арктической зоне РФ (Надым, Новый Уренгой, Апатиты) создана сеть Urban Heat Island Arctic Research Campaign (UHIARC) для наблюдения за высокочастотной изменчивостью городских островов тепла. Сеть включает в себя массив регистраторов температуры воздуха (iButton) и одну автоматическую метеорологическую станцию Davis Pro в каждом из городов. За рубежом существуют только отдельные примеры в Барроу и Фейрбэнксе (Аляска, США).

1.2. Геокриологический мониторинг территории Уренгойского НГКМ по трансекту: подзона южной тундры – подзона южной лесотундры. Наблюдательные площадки оборудованы термометрическими скважинами глубиной 10–12 м, где ежегодно в конце теплого периода (август, сентябрь) с помощью термокос проводились замеры температуры ММП, начиная с 2006 г скважины постепенно оборудуются логгерами, которые позволяют вести непрерывные круглогодичные измерения температуры на глубинах 0, 3, 5 и 10 м, с интервалом 4 ч.

2. Дистанционное зондирование.

2.1. Данные дистанционного зондирования MODIS (Moderate-resolution imaging spectroradiometer), а именно температура поверхности по измерениям со спутников Aqua и Terra (MOD11a1 и MYD11a1). Горизонтальное разрешение – 1 км, временное – 2 срока в день (днем и ночью). Волновой диапазон, в котором работают данные приборы, не позволяет проводить измерения при наличии облачности, для корректного осреднения был разработан алгоритм, позволяющий восстанавливать значения для единичных ячеек с отсутствующими данными или блоков.

2.2. Съемка с квадрокоптера для получения информации о масштабах распространения нарушенных и/или измененных участков в пределах Уренгойского НГКМ.

## 2. Моделирование.

2.1. Региональное климатическое моделирование с помощью суперкомпьютера «Ломоносов 2» МГУ. Численные эксперименты с региональной негидростатической моделью COSMO-CLM – климатической версией модели COSMO, разрабатываемой одноименным консорциумом (Consortium for Small-scale Modeling), во главе с немецкой службой погоды DWD (Deutscher Wetter Dienst). Модель свободно распространяется для научного использования в рамках сообщества CLM (Climate Limited-area Modelling Community). В одну из версий данной модели встроена субмодель городской поверхности ТЕВ (Town Energy Balance) с возможностью параметризации основных механизмов взаимодействия городской поверхности и атмосферы, таких, как задержка зданиями уходящей коротковолновой и длинноволновой радиации (эффект «городского каньона») и также формирование потоков тепла от отапливаемых зданий (Masson, 2000). Для «базового» домена размером 1600x1600 километров (140x140 модельных ячеек с разрешением 12 км) модель запускалась на 4 месяца (ноябрь–февраль), боковые граничные и начальные условия задавались из реанализа ERA-Interim. Для обеспечения согласованности динамики крупномасштабных процессов в модели и реанализа применялась технология «спектрального подталкивания» (англ. spectral nudging) для температуры и двух компонент скорости ветра выше уровня 850 гПа. Параметры модели были подобраны с учетом специфики данного региона, в первую очередь, была осуществлена коррекция (относительно стандартных значений) параметров турбулентной диффузии в пограничном слое атмосферы и генерации турбулентной кинетической энергии с целью обеспечения лучшего качества моделирования устойчивых пограничных слоев атмосферы, которые являются важным компонентом климатической системы высоких широт зимой. После проведения расчетов для «базового» домена, результаты расчетов использовались для задания начальных и граничных условий в численных экспериментах для меньшего домена с более высоким разрешением (4 км). Заключительным этапом вычислений было проведение экспериментов для домена с разрешением 1 км, охватывающего территорию 100x100 км в окрестностях г. Апатиты. Эти эксперименты проводились в двух вариантах – с включенной параметризацией городской застройки и без нее. Такая технологическая цепочка была необходима для обеспечения плавной динамической телескопизации данных реанализа до разрешения, позволяющего численно определять как ключевые особенности рельефа в окрестностях города Апатиты, так и особенности городской планировки.

Подобное моделирование данного региона с высоким разрешением было произведено впервые.

2.2. Теплотехнические расчеты грунтов оснований с использованием ПК Frost 3D Universal (ООО «Симмэйкерс»), в котором численный метод базируется на совместном использовании неявной и явной аппроксимации производной по времени в уравнении теплопроводности в зависимости от наличия фазовых переходов в расчетной подобласти. Рассматриваемая область моделирования представлена трехмерным фрагментом. Сезонные колебания климатических параметров (температуры воздуха, скорости ветра, высоты снежного покрова) на верхней границе расчетной области задавались граничными условиями (ГУ) третьего рода. На нижней границе расчетной области принята постоянная температура, равная среднегодовой температуре грунта ( $T_0$ ), принятой по данным изысканий. На боковых границах расчетной области – граничные условия второго рода, тепловой поток равен нулю. Выбор теплофизических параметров определяется типом грунта, его льдистостью/влажностью, значение температуры

начала фазового перехода зависит от концентрации солей в поровой влаге. Прогноз температурного режима грунтов оснований песчаных насыпей выполнялся по 11 вариантам, учитывающим справочные климатические параметры, текущие данные по метеостанции, различную высоту снежного покрова, сезонную динамику влажности грунтов, а также промачивание насыпи при инфильтрации талой воды и высоту отсыпки техногенных грунтов. В качестве базового варианта был выполнен расчет с использованием справочных климатических данных, влажность грунтов насыпи принята 0,15 д.е.

3. Медико-биологические исследования. Для выявления иммунной недостаточности использовался скрининг-тест «Состояние иммунного здоровья», разработанный в Институте клинической иммунологии СО РАМН [Суховой, 1998]. Для изучения эндокринного статуса производился забор крови. Исследуемые подписали формы согласия и планы исследования, которые были одобрены Комиссией по этике на основании ФЗ, предусмотренные ст. 18, 20, 21, 22, 28 и 41 Конституции РФ и ст. 18–22 ФЗ № 323 «Об основах охраны здоровья граждан РФ» от 21.11.2003 г. Оценка иммунных и эндокринных показателей производилась иммуноферментным анализом (ИФА) с помощью универсального фотометра Anthos Reader Zenyth 200 rt (Великобритания). Функциональная активность Т-клеточного звена иммунитета оценивалась по уровню содержания в сыворотке крови репертуарных цитокинов ИЛ-4 и ИНФ- $\gamma$ , которые определялись реагентами фирмы «ВЕКТОР-Бест». По уровню содержания гормонов серотонина и кортизола оценивалась молекулярная общность функционирования эндокринной системы. Для гормона кортизол был использован реагент фирмы «АЛЬКОР-Био» (Россия), для гормона серотонин — реагент фирмы IBL-интернешинел (Германия, Гамбург).

Статистическая обработка материала проведена при помощи статистических пакетов «SPSS 11,5 for Windows» (непараметрическое сравнение по критерию Уилкоксона, корреляционный анализ Пирсона).

4. Социокультурные исследования были выполнены методом анкетирования, а также с помощью методики «Фигуры Готтшальдта» (Холодная, 2009) определялись показатели полезависимости (ПЗ) и полenezависимости (ПНЗ).

3.8.1.	Количество научных работ по Проекту, опубликованных за весь период реализации Проекта (цифрами) (пункт заполняется автоматически, выводится количество заполненных 509 форм)	16
3.8.1.1.	- в изданиях, включенных в перечень ВАК	3

3.8.1.2.	- в изданиях, включенных в библиографическую базу данных РИНЦ	5
3.8.1.3.	- из них в изданиях, включенных в международные системы цитирования (библиографические и реферативные базы научных публикаций, кроме Web of Science)	2
3.8.1.4.	- в изданиях, включенных Web of Science	2
3.8.1.5.	Количество научных работ по Проекту, опубликованных за весь период реализации Проекта (цифрами) в соавторстве с зарубежными участниками	1
3.8.2.	Количество научных работ, подготовленных в ходе реализации Проекта и принятых к печати за период, на который предоставлен грант (цифрами) (пункт заполняется автоматически, выводится количество заполненных 509 форм)	0
3.9.	Участие в научных мероприятиях по тематике Проекта за период, на	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. XI International Conference on Permafrost “Exploring Permafrost in a Future Earth”, 20-24 June 2016. – Potsdam, Germany (Дроздов Д.С. – устный доклад).</li> <li>2. 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting. – Пекин, Китай, 2016 (Константинов</li> </ol>



который предоставлен грант (каждое мероприятие с новой строки, указать названия мероприятий и тип доклада)

- П.И., Петров С.А. – устные доклады).
3. EMS Annual Meeting – European Conference for Applied Meteorology and Climatology Ирландия, Дублин, 3-7 сентября 2017 г. (Константинов П.И. – стендовый доклад).
  4. Arctic Science Summit Week, Prague, 2017 Prague, Чехия, Прага 3-7 апреля 2017 г. (Константинов П.И. – 2 стендовых доклада).
  5. Graduate climate conference – 2017. 10-12 ноября 2017 г. Woods Hole, MA, США. (Варенцов М.И. – стендовый доклад).
  6. GCW CryoNet Asia Workshop, Salekhard, Russian Federation, 2-5 Feb 2016 (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  7. VI Международный форум «Арктика: настоящее и будущее» 05-07 декабря 2016, Санкт-Петербург (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  8. 18-ый Международный научно-промышленный форум «Устойчивое развитие регионов в бассейнах великих рек. Приоритеты науки и промышленности, образования и культуры» 17-20 мая 2016 г. – Нижний Новгород (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  9. IV Межд. конф. «Современные информационные технологии для научных исследований в области наук о Земле ITES-2016», г. Южно-Сахалинск, 7-11 августа 2016 г (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  10. XVIII Международная научно-практическая конференция «Водосбережение, мелиорация и гидротехнические сооружения как основа формирования агрокультурных кластеров России в XXI веке». – Тюмень, 2016 (Петров С.А. – устный доклад).
  11. Международная научно-техническая конференция «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации)». – Тюмень, 24 ноября 2016 (Петров С.А. – устный доклад).
  12. XIII Международная научная конференция молодых ученых и аспирантов «Наука. Образование. Молодежь», Майкоп, 8-9 февраля 2016 г (Константинов П.И. – устный доклад).
  13. Международная школа-конференция молодых учёных Климат и эколого-географические проблемы Российской Арктики. 4 – 10 сентября 2016 г. Апатиты, Россия (Константинов П.И. – устный доклад и 2 стендовых; Варенцов М.И. – стендовый доклад).
  14. Юбилейная 70-ая международная молодежная научная конференция «Нефть и газ 2016». – Москва, 18-20 апреля, 2016 (Петров С.А. (соавтор) – устный доклад).
  15. Пятая конференция геокриологов России, МГУ, 14-17 июня 2016 г (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  16. Федеральный Арктический форум «Дни Арктики в Москве», 21-26 ноября 2016 г (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  17. Всеросс. научно-практ. конф. «Арктика – национальный мегапроект: кадровое обеспечение и научное сопровождение», Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова г. Архангельск, 6-7 июня 2016 г (Дроздов Д.С. – устный доклад).
  18. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная памяти знаменитого российского океанолога, исследователя Арктики и Антарктики, академика А.Ф. Трещникова «Трещниковские чтения 2016: фундаментальные прикладные проблемы поверхностных вод», г. Ульяновск, 2016

(Петров С.А. – устный доклад).

19. Научно-практическая конференция «Тематические и междисциплинарные исследования в Арктике и Антарктике», г. Сочи, 3 – 5 октября 2016 г (Дроздов Д.С. – устный доклад).

20. Научно-практическая конференция «Обдорья: история, культура, современность», г. Салехард, 13 – 16 ноября 2016 г. (Петров С.А. – устный доклад).

21. Научный семинар PYRN Russia №40 «Исследования Ямальской воронки, часть 2», г. Москва, 16 декабря 2016 г (Курчатова А.Н. – устный доклад).

3.10. Участие в экспедициях по тематике Проекта, за период, на который предоставлен грант (указать номера проектов)

Нет.

3.11. Финансовые средства, полученные в 2017 году от Фонда

2500000.00

3.11. Адреса (полностью) ресурсов в Интернете, подготовленных авторами по данному проекту, например, <http://www.somewhere.ru/my pub.html>

Участниками HIARC создана система обмена данными и первичными результатами через ресурс <https://hiarc.nersc.no/>.

3.13. Библиографический список всех публикаций по Проекту, опубликованных за период, на который предоставлен грант, в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях, тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д.

I. Статьи в рецензируемых журналах Web of Science

1. Esau, I., Miles, V.V., Davy, R., Miles, M.W. and Kurchatova A. (2016). Trends in normalized difference vegetation index (NDVI) associated with urban development in northern West Siberia. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 9563–9577, 2016. – DOI:10.5194/acp-16-9563-2016.

2. Konstantinov P. I., Grishchenko M. Y., and Varentsov M. I. Mapping urban heat islands of arctic cities using combined data on field measurements and satellite images based on the example of the city of Apatity (Murmansk oblast). *Izvestiya - Atmospheric and Oceanic Physics*, 51(9):992–998, 2015.

II. Статьи в рецензируемых журналах Scopus

3. Дроздов Д.С., Дубровин В.А. Геоэкологические проблемы нефтегазового недропользования в российской Арктике // *Криосфера Земли*, 2016, т. XX, № 4, с. 16–27.

III. Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК

4. Варенцов М.И., Веземская П.С., Заболотских Е.В., Репина И.А. Оценка качества воспроизведения полярных мезоциклонов по данным реанализов и результатам регионального климатического моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 168-191.
5. Демин В.И., Козелов Б.В., Елизарова Н.И., Меньшов Ю.В., Константинов П.И. Роль рельефа в возникновении «острова тепла» в городе Апатиты // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 2. С. 95-106.
- IV. Другие издания
6. Фишер Т.А., Петров С.А., Доценко Е.Л., Фролова О.В., Акунеева Т.В. Качество жизни населения Арктики в «городских островах тепла» // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – 2016. - № 2(12). – С. 105-108.
7. Петров С.А., Фишер Т.А. Психофизические маркеры адаптогенеза коренного населения крайнего Севера к «островам тепла» // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа, 2016. 4 (93). – С. 154-159.
- V. Материалы конференций
8. Melnikov V.P., Drozdov D.S., Dubrovin V.A., Romanovsky V.E., Pendin V.V. Russian contribution to the permafrost monitoring: development of the State Geocryological Monitoring Research Sites. // XI International Conference on Permafrost “Exploring Permafrost in a Future Earth”, 20-24 June 2016. – Potsdam, Germany: Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, International Permafrost Association, 2016, pp.457-457.
9. Isaksen K., Romanovsky V., Smith S.L., Drozdov D.S. Thermal state of permafrost across the circumpolar permafrost regions – results from the latest assessment report, the SWIPA update. // XI International Conference on Permafrost “Exploring Permafrost in a Future Earth”, 20-24 June 2016. – Potsdam, Germany: Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, International Permafrost Association, 2016, pp.435-436.
10. Esau, I., Miles, V., Kurchatova A. SURFACE URBAN HEAT ISLANDS IN NORTHERN CITIES // Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting. - REPORT SERIES IN AEROSOL SCIENCE. – N 180. – 2016. – P. 147 (ISSN 0784-3496, ISBN 978-952-7091-46-3 (electronic publication) <http://peexconference.csp.escience.cn/>).
11. Fisher T.A., Petrov S.A., Frolova O.V., Narushko M.V. ADAPTIBILITY INDIGENOUS ARCTIC POPULATION BY "URBAN HEAT ISLAND" // Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting. - REPORT SERIES IN AEROSOL SCIENCE. – N 180. – 2016. – P. 149-152 (ISSN 0784-3496, ISBN 978-952-7091-46-3 (electronic publication) <http://peexconference.csp.escience.cn/>).
12. Petrov S.A., Mamaeva N.L., Khrupe D.A., Malchevskiy V.A. ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC CONTAMINATION IN GEOCRYOLOGICAL AREAS OF THE ARCTIC ZONE OF WESTERN SIBERIA // Proceedings of the 2nd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 6th PEEX Meeting. - REPORT SERIES IN AEROSOL SCIENCE. – N 180. – 2016. – P. 377-380 (ISSN 0784-3496, ISBN 978-952-7091-46-3 (electronic publication) <http://peexconference.csp.escience.cn/> ).
13. Varentsov Mikhail, Konstantionov Pavel, and Miles Victoria. Anthropogenic and natural factors of intensive urban heat island in the arctic. In H.K. Lappalainen, editor, Proceedings of the 3rd Pan-Eurasian Experiment (PEEX) Conference and the 7th PEEX Meeting, volume 201 of Report series in Aerosol Science, p. 514–517. Helsinki, 2017.
14. Мельников В.П., Брушков А.В., Дроздов Д.С. Криосфера и снижение рисков инженерной деятельности //

Матер. Пятой конф. геокриологов России, МГУ, 14-17 июня 2016 г., Т.1. – М.: Университетская книга, 2016. - С. 5-25.

15. Дубровин В.А., Брушков А.В., Дроздов Д.С. Метео-мерзлотные полигоны в Арктике для изучения состояния криолитозоны и обучения студентов // Тр. 18-го Международного научно-промышленного форума: в 3-х томах «Устойчивое развитие регионов в бассейнах великих рек. Приоритеты науки и промышленности, образования и культуры» 17-20 мая 2016 г. / Под ред. А.А.Лапшина – Нижний Новгород: Нижегородский гос. архитектурно-строительный ун-т, 2016, с.493-496.

16. Мельников В.П., Дроздов Д.С., Пендин В.В. Арктические территории и криогенные риски // Тр. 18-го Международного научно-промышленного форума: в 3-х томах «Устойчивое развитие регионов в бассейнах великих рек. Приоритеты науки и промышленности, образования и культуры» 17-20 мая 2016 г. / Под ред. А.А.Лапшина – Нижний Новгород: Нижегородский гос. архитектурно-строительный ун-т, 2016, с.496-502.

3.14. Библиографический список совместных публикаций (в соавторстве с зарубежным партнером по проекту) за весь период реализации Проекта: монографии и статьи в научных изданиях с указанием импакт-фактора журнала по базе данных Web of Science (исключая тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д.)

1. Esau, I., Miles, V.V., Davy, R., Miles, M.W. and Kurchatova A. (2016). Trends in normalized difference vegetation index (NDVI) associated with urban development in northern West Siberia. *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 9563–9577, 2016. – DOI:10.5194/acp-16-9563-2016. IF 5.318.

Подготовлены к публикации и находятся в процессе рецензирования статьи в международные журналы из базы Web of Science:

1. Mikhail Varentsov, Pavel Konstantinov, Alexander Baklanov, Igor Esau, Victoria Miles & Richard Davy // Anthropogenic heating strongly amplifies the urban heat island in Arctic cities submitted to *Scientific Reports* IF 4.8.  
2. Pavel Konstantinov, Mikhail Varentsov and Igor Esau // A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic submitted to *Environmental research letters* IF 4.4.

3.15. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта

Рациональное природопользование

3.16. Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей,

Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

соответствуют результаты  
данного проекта

3.17.	Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта	не очевидно
3.18.	Направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации	Исследования в области понимания процессов, происходящих в обществе и природе, развития природоподобных технологий, человеко-машинных систем, управления климатом и экосистемами, а также исследования, связанные с этическими аспектами технологического развития, изменениями социальных, политических и экономических отношений
3.19.	Преимущества, полученные в результате международного сотрудничества (использование оборудования, наработок, доступ к уникальным объектам и условиям и т.д.)	Участниками HIARC с обеих сторон выработана единая концепция изучения воздействия на окружающую среду теплового загрязнения и урбанизации. Использование и верификация в российской Арктике различных версий модели COSMO-CLM, дополненной альтернативной параметризацией городской застройки TERRA_URB. Опубликованы и подготовлены к публикации статьи в рецензируемые международные журналы с импакт-фактором по базе WoS не ниже 4,0.