



Общее собрание Сибирского отделения РАН

**Научно-технологические основы
создания международного центра по
испытанию материалов, элементов
техники и устойчивости живых систем
на Полюсе холода**

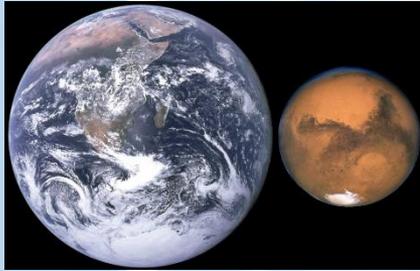
Член-корреспондент РАН Михаил Петрович Лебедев

*7 ноября 2018 г.
г. Новосибирск*

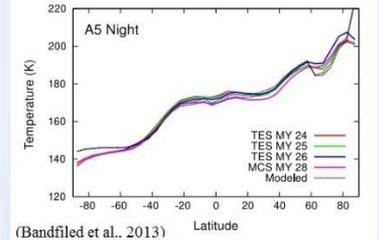
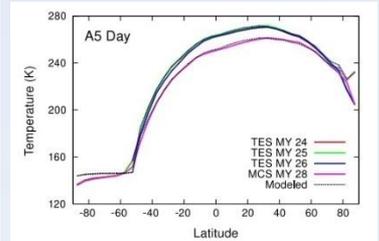
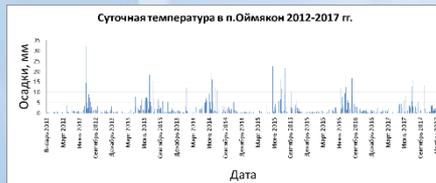
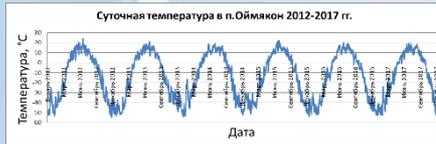
В районе поселка Оймякон и города Верхоянск
расположен Полюс холода населенной части планеты



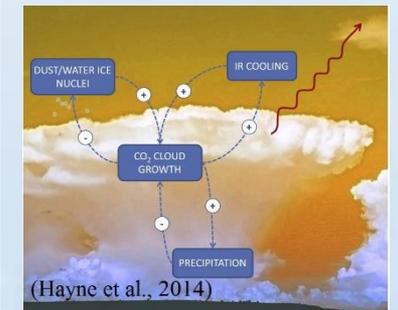
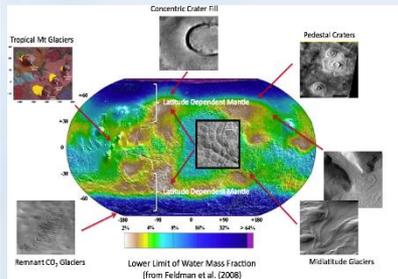
Геоклиматические характеристики Земли («Полюс холода») и Марса



Параметры	Земля, «Полюс холода»	Марс
Среднее относительное расстояние до Солнца	1AU	1.523AU
Радиус экватора	6378 км	3397
Относительная гравитация	1г	0,377г
Солнечная постоянная	1367 Вт/м2	589 Вт/м2
Космическая ионизирующая радиация	1–2 mSv/a	100–200 mSv/a
Спектр УФ излучения	$\lambda > 200\text{нм}$	$\lambda > 290\text{нм}$
Среднее атмосферное давление	1013,25 мбар Перепад до 1.2% на поверхности «Полюс холода» 918 мбар	6,36 мбар Перепад до 15% на поверхности
Химический состав атмосферы	N ₂ - 78.09% , O ₂ - 20.95% , Ar 0.93% , CO ₂ - 0.04%	CO ₂ - 95.32%, N ₂ - 2.7%, Ar - 1.6%, O ₂ - 0.13%, CO - 0.07%, H ₂ O - 0.03%, NO - 0.013%
Температура	Средняя температура у поверхности: 15°C «Полюс холода» Средняя температура у поверхности: -14°C от -67,7°C до 34,6°C	Средняя температура у поверхности: -65°C «Озеро» Феникс (плато Солнца) и земля Ноя от -53° C до +22° C летом и от -103° C до -43° C зимой
Мерзлотные грунты	«Полюс холода» Вечномерзлые грунты Толщиной от 200 до 600 м Температур от -5 до -9°C	Северные и Южные льдонасыщенные мерзлоты Выше 55-60° от экватора
Снежный покров	Осаждение снега в зимний период	Осаждение CO ₂ в зимний период Ниже 60° южной широты
Почва	«Полюс холода» Мерзлотные торфяные мерзлотные дерново-глеевые Мощность органических горизонтов мерзлтных торфяных почв 15-20 см Супесчаные и суглинистые аллювиальные отложения	Почва состоит из мелких кристаллов вулканических пород, львиную долю которых составляют полевые шпат, оливин и пироксен.



(Bandfield et al., 2013)



(Hayne et al., 2014)

Международный центр по испытанию материалов, элементов техники и устойчивости живых систем на Полюсе холода

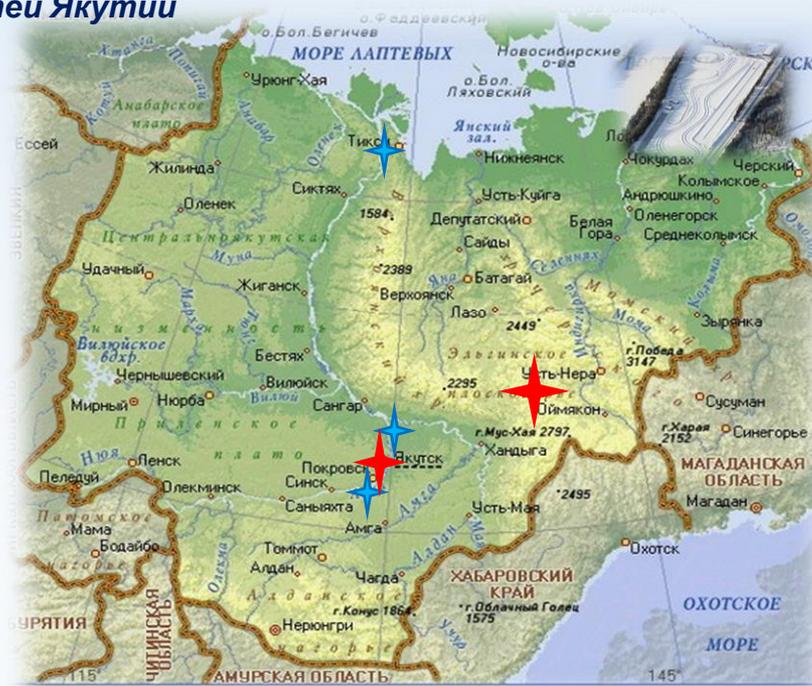
Отдел испытания материалов, техники и конструкций

Отдел испытаний полимерных и композиционных материалов

Отдел исследований свойств, структуры, минералогического и фазового состава геоматериалов

Отдел исследований механизмов адаптации и устойчивости живых организмов

Цель проекта - создание Центра мирового уровня по испытаниям материалов, машин и конструкций, в том числе полимерных и геоматериалов, а также медико-биологических исследований с использованием температурных особенностей Якутии



- Расположение центра климатических испытаний



- Расположение климатических станций

I. Отдел испытания материалов, техники и конструкций

Предпосылки :

- Особенности климата Республики Саха (Якутия), с зимой длительностью 8 месяцев, с природными температурами до -65°C зимой, $+35^{\circ}\text{C}$ летом.
- 50-летний опыт работы Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН в области проблем прочности и разрушения металлов, энергоснабжения и эффективных энерготехнологий, проблем теплообмена, теплофизических свойств веществ в экстремальных природно-климатических условиях Арктики.
- Транспортная близость к азиатским странам, визовая доступность и наличие развитой логистики к странам АТР Дальнего Востока РФ.

Задачи:

- Испытание конструкционных и авиационных материалов на прочность и долговечность;
- Натурные испытания и экспонирование узлов, деталей, машин и конструкций;
- Натурные теплофизические испытания строительных и специальных материалов;
- Испытания роботов и роботизированных машин в натуральных условиях;
- Испытания материалов и конструкций для космической техники.



Количество новых рабочих мест > 500. Объем инвестиций – 650,0 млн. руб.;
Срок выполнения: 2019 ÷ 2023 гг.

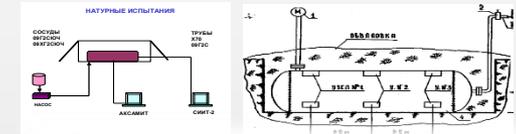
Климатические испытания на «Станции низкотемпературных натуральных испытаний ИФТПС СО РАН» сосудов давления и труб, исследования разрушений крупногабаритных металлоконструкций в условиях низких температур



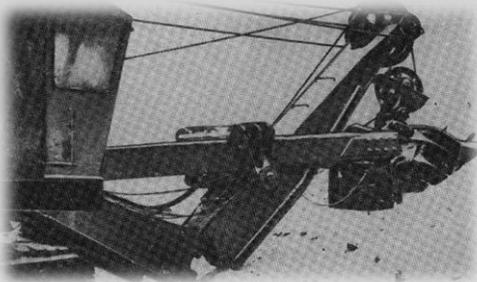
Первый бункер испытаний труб и сосудов высокого давления.



Натурные испытания сосудов давления и труб в условиях низких климатических температур, 1970-1980-е г.г. В результате этих испытаний были сформулированы требования по хладостойкости и вязкости разрушения для материалов магистральных трубопроводов Севера в виде ГОСТов и СНиПов. По данным требованиям построен самый северный газопровод Кысыл-Сыр-Якутск, который эксплуатируется до сих пор.



Климатические испытания машин и карьерной техники в условиях низких температур (1970-1990-е годы)



Анализ причин разрушений большегрузной техники и экскаваторов 1970-е годы. Низкотемпературные натурные испытания узлов и деталей большегрузных самосвалов и карьерной техники 1980-1990-е г.г. В результате была принята программа «Техника Севера» и созданы хладостойкие стали, а также карьерная и северная техника в исполнении ХЛ.



Испытания при низких температурах узлов и деталей техники, автомобилей и самолетов компаний Komatsu, Toyota Motors, Boeing, Сухой Суперджет (1990-2017-е годы)



В 2006-2008 годах в Институте физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН были проведены испытания материалов, узлов и деталей карьерной техники Komatsu.

В 2016-2017 г. проведены испытания в условиях бездорожья компанией Toyota Motors нового поколения автомобилей Toyota Land Cruiser Prado.

В 2017 г. ЯНЦ СО РАН совместно с СВФУ проведены испытания сайлентблоков из морозостойкой высокопрочной резины.



С 1990 г. в г. Якутске проводятся низкотемпературные испытания самолетов на морозостойчивость: Bombardier DASH Q400, Boeing 747 – 8F, 757, 777, 77300 ER, 737, Airbus A319, «Сухой Суперджет» и другие на допуск к эксплуатации до -70°C .



Климатические испытания авиационных материалов, сварочной аппаратуры и технологий, температурный мониторинг машин в условиях низких температур (2010-2018-е годы)



Низкотемпературные натурные испытания материалов авиационной промышленности. Испытания строительных и композитных материалов, выдача заключений по теплофизическим свойствам. Климатические испытания новых сварочных технологий и сварочных аппаратов. Температурный мониторинг узлов и деталей японских автомобилей в зимний период.



II. Отдел испытаний полимерных и композиционных материалов и изделий

Цель – определение работоспособности материалов, оценка долговечности и остаточного ресурса материалов и изделий при продолжительном воздействии климатических факторов.

Задачи:

1. Климатические испытания:

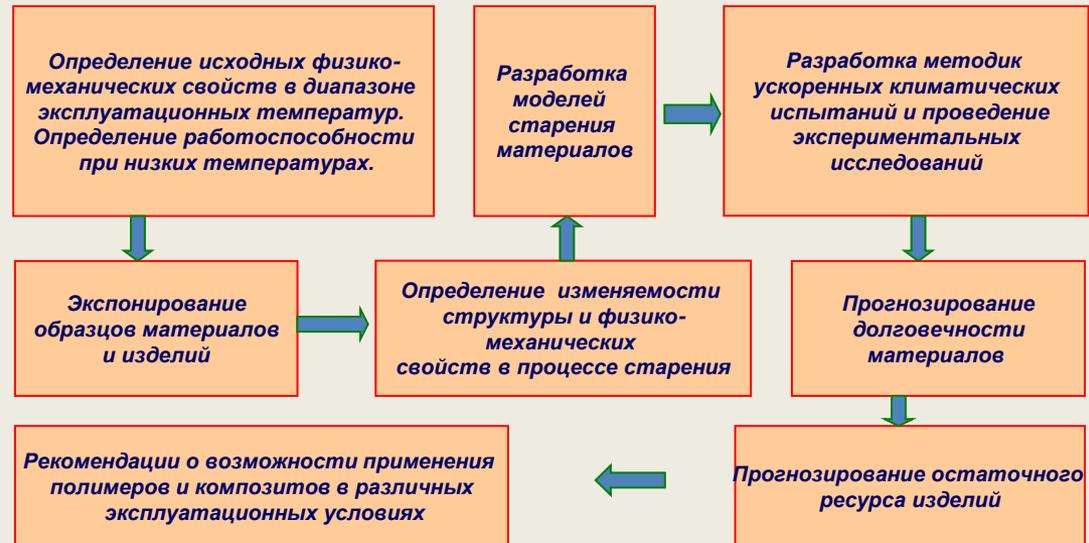
- полимерных и эластомерных материалов;
- строительных, в т.ч. дорожно-строительных материалов;
- масел и смазок технического назначения.

2. Разработка стендов для натуральных испытаний материалов и конструкций различного назначения.

3. Разработка методик климатических испытаний материалов, учитывающих эксплуатационные режимы работы техники Севера.

4. Разработка методик прогнозирования долговечности материалов в условиях холодного климата на основе ускоренных испытаний и математического моделирования.

**Объем инвестиций – 250,0 млн. руб.
Срок выполнения: 2019 ÷ 2024 гг.**



ИНТЕГРАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ: ЗАКАЗЧИКИ И КООПЕРАЦИЯ

Результаты исследований и разработок будут востребованы всеми предприятиями реального сектора экономики Северо-востока РФ, мировым научным сообществом по направлению разработки морозостойких материалов.

ОТДЕЛ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Основные результаты

- Впервые в мировой практике проведено систематическое изучение климатической устойчивости и собрана обширная фактическая информация о поведении различных классов полимерных материалов в арктических условиях.
- Определены основные физико-химические процессы старения полимерных композиционных материалов .
- Результаты исследований широко используются как справочные данные и служат основой для создания банков данных, государственных и отраслевых стандартов и рекомендаций по оценке стойкости, прогнозированию сроков сохраняемости и применению материалов и конструкций в технике Севера.



- С 1970 - 2005 г.г. - 112 А.с. СССР и патентов РФ на рецептуры морозостойких полимерных композиционных материалов, на устройства и способы получения материалов.
- В настоящее время ИПНГ СО РАН правообладатель 124 патентов РФ, зарегистрировано 14 программ для ЭВМ, 1 база данных.



2004 г. – создан ООО «Нордэласт». Ассортимент – более 600 типоразмеров уплотнений, заказчики продукции – более 300 предприятий угольной, алмазо-, золотодобывающей промышленности, автотранспортные предприятия, ЖКХ.

III. Отдел исследования свойств, структуры, состава геоматериалов, в т.ч. многолетнемерзлых горных пород



Цель: Экспериментальное обеспечение научных исследований и разработок мирового уровня в области создания эффективных геотехнологий, методов и средств комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны.

Основные задачи:

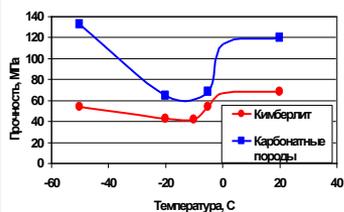
- выполнение полного комплекса исследований геоматериалов;
- разработка методик, стандартов и ГОСТов для исследования многолетнемерзлых горных пород;
- создание комплекса для сертификации технологических свойств минералов и испытания новых решений по обогащению и переработке руд и песков месторождений ;
- создание базы данных о свойствах, структуре, составе многолетнемерзлых горных пород.

Интеграционный эффект: заказчики и кооперация

Результаты исследований и разработок будут востребованы предприятиями реального сектора экономики России, университетами и академическими институтами СО РАН и РАН, в их числе: АК «АЛРОСА», ПАО «Полюс» , ПАО «МЕЧЕЛ», проектные организации и т.д.

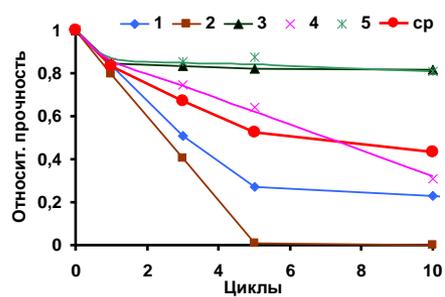
Объем инвестиций – 574,0 млн. руб.; Срок выполнения: 2019 ÷ 2024 гг.

Новые экспериментальные результаты изменения прочности геоматериалов при температурных воздействиях

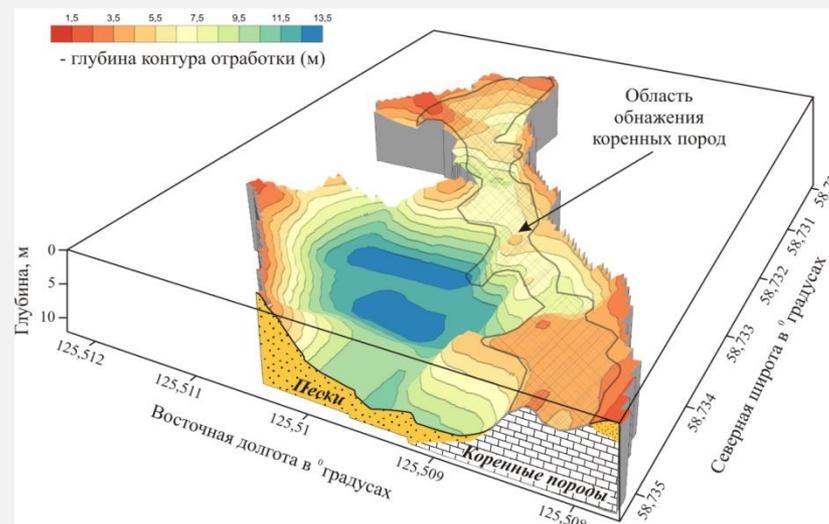


Впервые экспериментальными исследованиями установлено, что в диапазоне температур, при которых происходят фазовые переходы поровых растворов (замерзание) прочность вмещающих карбонатных пород и кимберлита существенно снижается, для вмещающей породы на 50%, кимберлита на 40%.

Разработана и апробирована на участке дражного полигона месторождения золота реки Большой Куранах в Республике Саха (Якутия) методика георадиолокационного картирования дражных полигонов глубокопогребенных россыпных месторождений криолитозоны, обеспечивающая возможность трехмерного отображения геологического строения россыпи с выделением его структурных особенностей (мощность песков, гипсометрия и нарушенность плотика) с GPS привязкой их местоположения, что имеет важное значение для оперативного контроля полноты и качества выемки золотоносных песков, принятия соответствующих технологических решений.



Впервые установлены основные закономерности морозного выветривания кимберлита и карбонатных пород алмазных месторождений Якутии позволяющие прогнозировать сохранность и устойчивость горных выработок криолитозоны при воздействии циклов замораживания-оттаивания. На рис. показаны изменения относительной прочности образцов горных пород после воздействий циклов замораживания-оттаивания. 1-глинистый доломит; 2-глинистый известняк; 3-битумизированный глинистый известняк; 4-доломит мергелистый; 5-битумный известняк



Результат георадиолокационного картирования дражного полигона на месторождении золота р. Б. Куранах

Разработана методика определения упругих свойств горных пород в условиях естественно низких температур

В отличие от действующего ГОСТ 28985-91 испытание проводится путём многократного нагружения образца в диапазоне малых обратимых деформаций, что позволяет повысить точность измерений и физически корректно оценить влияние температуры на изменение свойств образца при его переходе из талого в мёрзлое состояние.

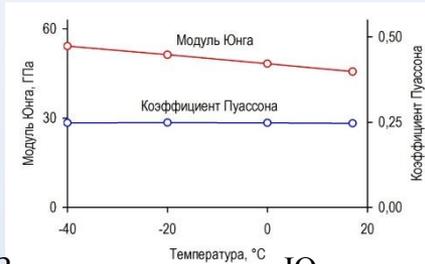
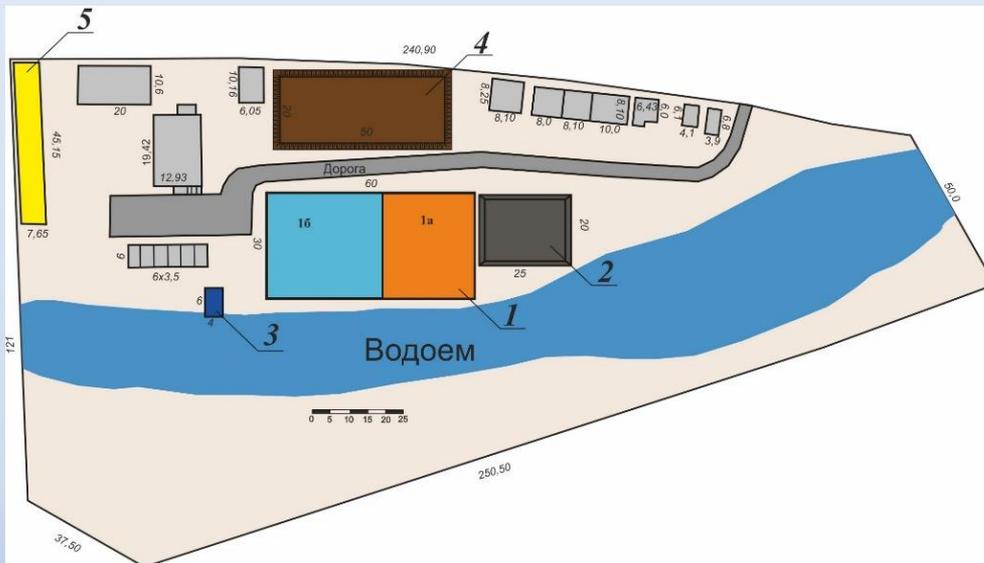


Рис. - Зависимость модуля Юнга и коэффициента Пуассона известняка от температуры.

На основе разработанной методики принят стандарт организации СТО 05282612-001-2013 «Метод определения статического модуля упругости и коэффициента Пуассона горных пород при одноосном сжатии призматических образцов».

Схема размещения комплекса



Объекты строительства

1. Фабрика переработки руд.
- 1а. Узел дробления и классификации (холодное помещение).
- 1б. Обогащительный узел (отапливаемое помещение).
2. Рудный двор.
3. Насосная станция.
4. Временное хранилище твердых отходов
5. Пробохранилище

Новый автономный и экологически комфортный тип жилья для освоения Арктики

Цель проекта.

Разработка научных и технологических основ для создания **Арктического Эколого-энергетического автономного Жилья (АЭЖ)**.

Приоритетное направление: **химико-биологическое и медицинское**

Научно технические задачи.

1. Разработать компьютерную систему комплексного проектирования АЭЖ, оптимизированных под требования заказа.
2. Экспериментальная верификация математических моделей фитотронов, систем биodeградации и активно-композитных тепловых аккумуляторов.
3. Протестировать экспериментальные макеты оборудования и элементов АЭЖ.
4. Создание опытных образцов и элементов АЭЖ. Объединение опытных образцов и элементов в единую конструкцию и ее испытание.

Медико-биологическая задачи

- 1) Проведение аллергологических исследований для отбора растений.
- 2) Оптимизация диеты в соответствии с нормами МО и возможностей по воспроизводству растительной витаминной пищи.



Освоение Арктики и планеты Марс невозможно без обеспечения условий жизни, позволяющих длительное время поддерживать самочувствие, работоспособность и боеготовность работников и личного состава на хорошем уровне.

ПРОБЛЕМЫ СВЯЗАННЫЕ С КЛИМАТОМ:

- ЗАТРАТЫ НА УТЕПЛЕНИЕ ЖИЛИЩ;
- ЖЕСТКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СЕЗОННЫХ ПОСТАВОК ТОПЛИВА;
- ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ;
- КОРОТКИЙ ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД, ДЕФИЦИТ СВЕЖЕЙ ВИТАМИННОЙ ПРОДУКЦИИ.

ПУТИ РАЗРЕШЕНИЯ:

- УМЕНЬШЕНИЕ ВОЗДУХОБМЕНА В ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ ИЛИ ТЕПЛОВЫЕ РЕГЕНЕРАТОРЫ, ОТОПЛЕНИЕ;
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ АВТОНОМИЯ: ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР;
- БИОЛОГИЧЕСКАЯ/ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ;
- ПРОИЗВОДСТВО ВИТАМИННОЙ С/Х ПРОДУКЦИИ.

ТРУДНОСТИ:

- СИНДРОМ БОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (SBS), ВЫЗВАННЫЙ ЗАСТОЕМ ВОЗДУХА (ТЕПЛОВЫЕ РЕГЕНЕРАТОРЫ ДОРОГИ И СЛУЖАТ ИСТОЧНИКОМ SBS ФАКТОРОВ);
- ВЫСОКАЯ СКВАЖНОСТЬ ВЕТРЯНОГО ПОТОКА, ТРЕБУЮТСЯ ТЯЖЕЛЫЕ И ДОРОГИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АККУМУЛЯТОРЫ;
- ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСВЕЩЕНИЕ ПОСЕВОВ.

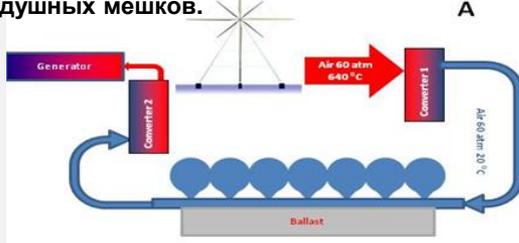
УЖЕ СУЩЕСТВУЮЩИЕ НАРАБОТКИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕШЕНИЕ УПОМЯНУТЫХ ТРУДНОСТЕЙ

Устранение синдрома больных помещений при малом воздухообмене - ревитализация воздуха. Производство витаминной продукции.

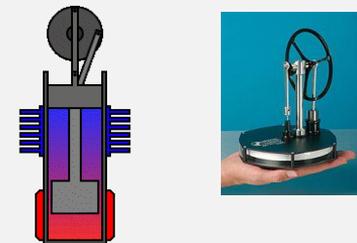
Проект ИФ СО РАН «БИОС-3» как прототип системы обеспечения для лунной базы



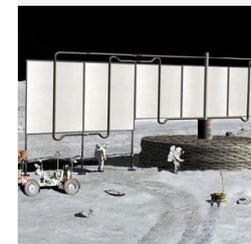
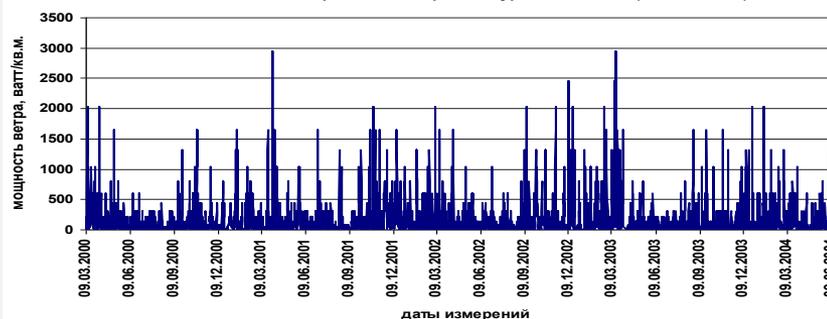
Проект Nimrod Energy Ltd. по сглаживанию высокой скважности ветряного потока с помощью подводных воздушных мешков.



Высоконадежный тепловой двигатель, работающий по циклу Стирлинга.



Динамика мощности ветра, пос. Полярный, Мурманской обл. (2000-2004 гг.)



Пример: Проект НАСА для лунной базы: ядерный реактор + Стирлинг-двигатель



Не вызывает сомнений то, что решающим в техническом и технологическом развитии региона является **человеческий фактор**.

Это - основная производительная сила

Человеческий фактор **определяет** и эффективность, и успешность, и механизм, и риски (аварийность) любого социально-экономического проекта и начинания, **особенно в экстремальных условиях**



IV. Отдел исследований механизмов адаптации и устойчивости живых организмов



Цель: На основе изучения физиолого-биохимических, нейронных и психофизиологических механизмов адаптации человека к экстремальным условиям среды, на примере Полюса холода, разработать биогенные методы повышения адаптивного потенциала организма человека, его умственной и физической работоспособности в экстремальных условиях природной и социальной среды

Задачи:

1. Выявить физиолого-биохимические, нейронные и психофизиологические механизмы адаптации человека.
2. Изучить геномные, протеомные, метаболомные и регуляторные особенности функционирования сердечно-сосудистой системы организма человека.
3. Оценить уровень социального джетлага человека и его связи с когнитивными функциями.
4. В целях дальнейших биотехнологических работ по созданию новых эффективных биопрепаратов адаптогенного, хронотропного, иммуномодуляторного, детоксикационного, акто- и радиопротекторного действия провести анализ биохимического и метаболомического состава тканей северных растений и животных .
5. Определить резервы адаптации и уровень функционирования организма человека до и после коррекции с использованием сбалансированного комплекса биологически активных веществ из северного растительного и животного сырья.
6. Разработать модель системы профилактики дезадаптационных состояний и десинхронизации организма человека в экстремальных условиях среды (на примере Полюса холода), повышения адаптационных резервов и работоспособности, а также качества жизни и оптимального функционального состояния организма человека.

Объем инвестиций – 630,0 млн. руб.; Срок выполнения: 2019 ÷ 2024 гг.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- ✓ Будет получен мультипликативный эффект в различных областях машиностроения, материаловедения, авиационной и космической отраслях, в биофизике и фармацевтике в виде создания новых видов материалов, техники и технологий, что обеспечит фундамент для прорывных технологий в Российской Федерации.
- ✓ Расширится возможность приобретения новых знаний по фундаментальным вопросам физики прочности материалов, химии и структуры новых высокопрочных материалов, процессов управления роботизированными системами, создания эффективных геотехнологий, методов и средств комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны, биофизике и медицине живых организмов в условиях низких температур.
- ✓ Международный центр станет полигоном для испытаний многих ведущих мировых авиа-авто-судомашиностроительных, корпораций и компаний по многим направлениям.
- ✓ Полученные результаты по испытаниям материалов, техники, геоматериалов, роботизированных систем и исследования влияния низких температур на жизнедеятельность человека могут явиться базовыми знаниями для долгосрочной и стратегической программы полета и освоения человека на планете Марс.
- ✓ Результаты исследований и разработок будут востребованы предприятиями реального сектора экономики России, университетами и академическими институтами, а также мировыми научными и производственными сообществами по различным направлениям исследований.



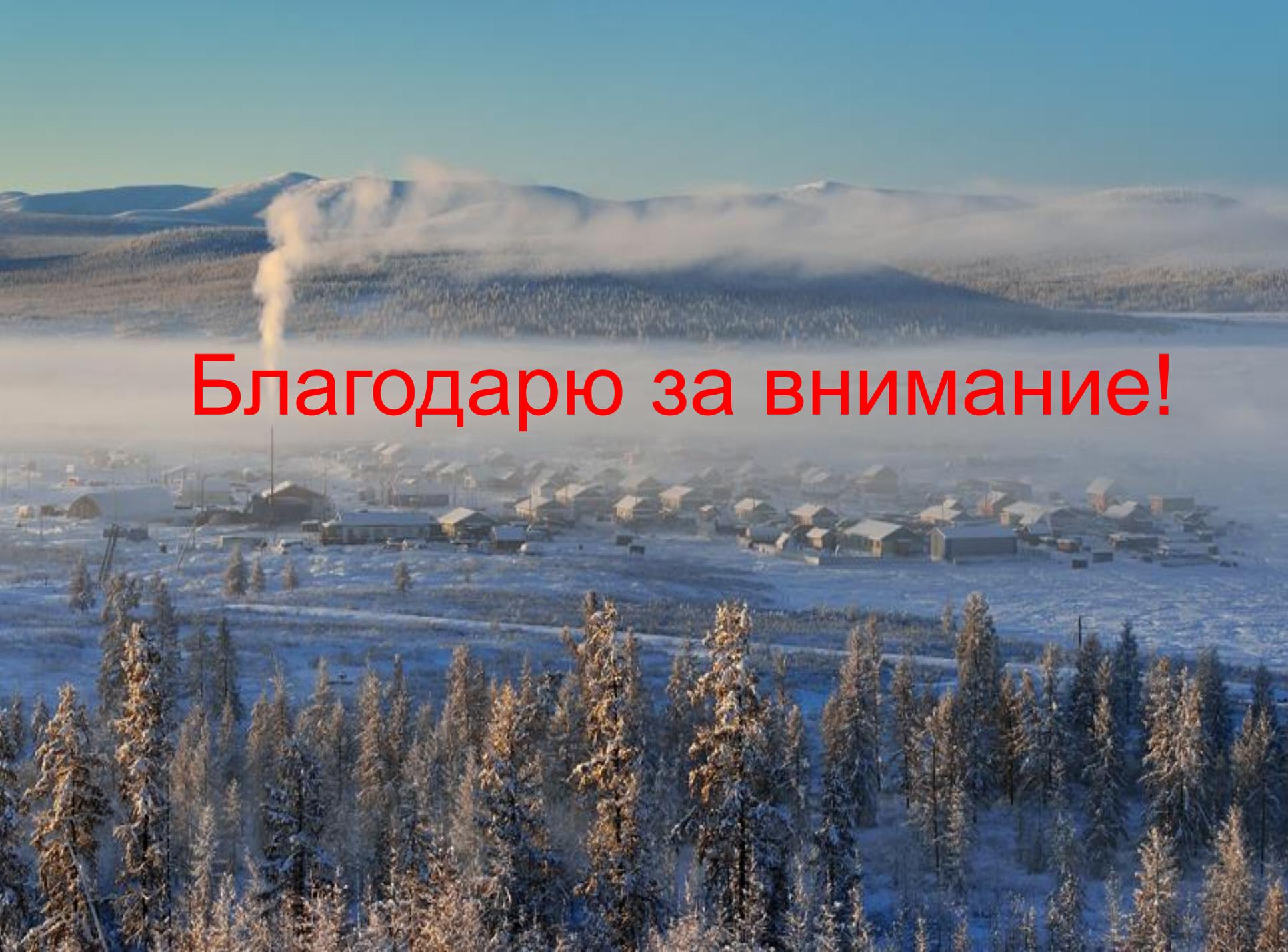
План реализации проекта: «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНИКИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЖИВЫХ СИСТЕМ НА ПОЛЮСЕ ХОЛОДА»

Создание единственного в мире международного испытательного центра мирового уровня на полюсе холода



Мероприятие:	2019г. Стоим.млн.руб	2020 г. стоим.млн.руб	2021 г. Стоим.млн.руб	2022 г. Стоим.млн.руб	2023 г. стоим млн.руб
Создание инфраструктуры центра (коммуникации, дороги и тд):	100,0	100,0	100,0	100,0	50,0
Земельные вопросы:	5,0	-	-	-	-
Строительство полигона (Проектирование и строительство):	400,0	200,0	200,0	200,0	50,0
Центр испыт. матер: Эксперим-аналит. оборуд. для испытаний:	120,0	100,0	100,0	100,0	20,0
Центр испытаний геоматериалов: Оборуд. анализа сост. пород:	205,0	150,0	150,0	50,0	20,0
	50,0	50,0	50,0	50,0	20,0
Центр медико-биологических исслед: Оборуд. мед-биол.иссл.	70,0	60,0	40,0	40,0	40,0
Центр испыт. полимерных материалов и композитов: Оборуд.	200,0	200,0	80,0	80,0	70,0
Оборудование для натуральных испытаний крупногабаритных конструкций (Проектирование и сооружение).	50,0	40,0	60,0	60,0	-

Стоимость реализации проекта – 4900 млн. руб.



Благодарю за внимание!

*По в снегах, то в ливнях,
По в туманах,
Богатырской силы не тая,
Между двух великих океанов
Ты лежишь, Якутия моя!*

*Я в тайгу, как в океан зеленый,
Вновь вхожу, волнуясь и любя.
Край мой древний,
Край мой обновленный,
Сколько сил сегодня у тебя?...*

Благодарю за внимание!