

Перспективы российских полярных исследований в свете подготовки Международной полярной партнерской инициативы

Этот документ обсуждён и принят на полярных конференциях в Сочи в 2014 и 2015 г.

В настоящее время научные исследования Арктики и Антарктики относятся к приоритетным задачам социально-экономического развития Российской Федерации. Успешное выполнение названных работ требует преодоления межведомственных и межинститутских барьеров. Это особенно важно в связи с поддержкой Россией Международной полярной партнерской инициативы (МППИ). Эта инициатива способствует повышению эффективности научных исследований на международном и национальном уровнях. При подготовке концепции российских полярных исследований как вклада в МППИ следует принимать во внимание такие основополагающие документы, как «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», «Стратегия развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2020 года и на более отдаленную перспективу», «Морская доктрина Российской Федерации».

Необходимо также учесть и интересы Международного арктического научного комитета (МАНК), Научного комитета по антарктическим исследованиям (СКАР), Международного географического союза (МГС). При этом целесообразно создание Целевой группы по международному сотрудничеству в Арктике в рамках МГС (IGU). Ниже следует перечень основных задач полярных исследований, выполнение которых крайне важно в мировом и национальном аспектах.

1. Основные задачи научных исследований Арктики:

- оценить климатические изменения в Арктике и их роль в глобальном изменении климата, в планетарном круговороте углерода и подъеме уровня моря;
- определить причины более существенного изменения климата в Арктике (арктического усиления изменений климата), оценить роль атмосферных переносов энергии и обратных связей в арктическом усилении потепления, используя данные наблюдения, реанализ и численное моделирование (с использованием данных наблюдений, реанализа и численного моделирования);
- оценить предсказуемость изменений характеристик климата Арктики на межгодовом и

десятилетнем временных масштабах и развить методы долгосрочного прогноза изменения морского ледяного покрова на основе данных наблюдений и расчетов по региональным и глобальным моделям;

- оценить степень экстремальности погодных и климатических условий в арктических морях и на побережье, разработать методы прогноза (повторяемости) опасных гидрометеорологических явлений;

- оценить изменения концентрации метана и углекислого газа по измерениям на циркулярных обсерваториях, судах и ледовых дрейфующих станциях, исследовать проблему закисления вод Северного Ледовитого океана;

- исследовать механизмы и изменчивость распространения слоя атлантических вод в Арктике;

- исследовать многолетнемерзлые породы шельфа и прибрежной зоны, оценить степень дестабилизации запасов метангидратов в осадочных породах на шельфе, что может вызвать выделение метана в водную толщу и в атмосферу;

- оценить современное состояние и дать прогноз развития природных процессов в криосфере Российской Арктики, в частности оценить современное состояние ледниковых куполов и ледников Арктики и Субарктики и оценить их эволюцию в XXI веке;

- определить параметры изменения внутренней структуры (гидротермического состояния) ледников Российской Арктики с помощью повторных радиолокационных съёмок и измерений в скважинах, оценить интенсивность взаимодействия ледников с морской водой на островах Российской Арктики и образование айсбергов;

- оценить геоэкологическое состояние, изменение структуры ландшафтов и биологического потенциала криолитозоны в условиях меняющегося климата и техногенной нагрузки;

- дать прогноз развития криолитозоны при разных сценариях изменения климата и развития техногенной нагрузки; оценить роль криогенных склоновых и береговых процессов в формировании природно-техногенных систем, оценить влияние моря на криогенные геосистемы и экосистемы в дельтах крупных рек Российской Арктики;

- изучить гидрологический режим северных рек и озёр, включая оценки изменения стока рек и

пресноводного баланса Арктики; исследовать региональные особенности изменений в бассейнах крупнейших рек под воздействием современных изменений климата и антропогенных факторов, выявить районы с критическими изменениями;

- адаптировать модели водного цикла к условиям криолитозоны, разработать методы оценки сценарных изменений характеристик ледового режима на реках и водоёмах;

- разработать методы детализации модельных сценариев изменений климата в XXI веке, основанные на региональных климатических моделях и физико-статистических подходах, принимая во внимание неоднородности речных водосборов;

- получить сценарные оценки гидрологических изменений, обусловленных предполагаемыми изменениями социально-экономических условий и глобального климата в XXI веке, и разработать рекомендации по адаптации к ним;

- подготовить кадастровое описание биоразнообразия Российской Арктики, оценить современное состояние морских и наземных экосистем и наблюдаемые изменения в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия; разработать аналитические модели функционирования морских и наземных экосистем в Арктике;

- подготовить прогноз возможных изменений в морских и наземных экосистемах в результате изменения климата, увеличения естественных выбросов метана, закисления вод и антропогенного прессинга; подготовить рекомендации по рациональному использованию и воспроизводству биоресурсов шельфовых морей Российской Арктики;

- совершенствовать методы палеонтологических и палеоэкологических реконструкций при исследованиях структуры и функционирования арктических экосистем в условиях меняющегося климата; расширить комплекс палеогеографических исследований ландшафтов и климата в их связи с историей древнего человека;

- разработать программу изучения и сохранения генофонда коренных народов Севера в условиях усиления ассимиляционных процессов;

- изучить состав и динамику загрязнения окружающей среды Арктики; оценить экологическое состояние природной среды Арктики, включая исследование влияния чёрного углерода и других короткоживущих климатических загрязнителей на состояние окружающей среды и здоровье населения Арктики;

- изучить переносы загрязнителей от дальних и локальных источников (в атмосфере, океане, водах суши, льдах); исследовать механиз-

мы ликвидации нефтяных загрязнений разными способами, включая использование микроорганизмов; уничтожение нефтяных загрязнений микроорганизмами, оценить потенциал самоочищения окружающей среды;

- разработать научное обоснование мероприятий по экологически безопасной разведке и освоению месторождений нефти и газа и других минеральных ресурсов;

- исследовать медико-биологические и экологические риски в связи с климатическими изменениями, оценить риски распространённости очаговых паразитарных и инфекционных заболеваний для населения Арктической зоны РФ;

- дать комплексную оценку адаптивных возможностей организма человека с учётом влияния космо- и гелиогеофизических факторов и природных условий высоких широт с их суровым и меняющимся климатом;

- разработать современные компьютерные методы диагностики индивидуальной метеочувствительности людей с разными психотипами и подготовить предложения по профилактике рисков негативного воздействия на состояние здоровья;

- разработать научные подходы к решению проблемы улучшения качества жизни населения (особенно коренных народов Севера), усиливая позитивные и уменьшая негативные последствия изменения климата;

- разработать долгосрочную стратегию освоения Арктики с точки зрения сравнения вахтовых и невахтовых методов организации труда; предложить методы медико-психологической коррекции для успешной адаптации работников при выполнении вахтовых работ в Арктической зоне РФ;

- подготовить технико-экономическое обоснование для создания госпитального многопрофильного судна ледокольного класса (типа судна «Свирь»), способного оказывать все виды медицинской стационарной помощи для сопровождения работ в Арктике.

2. Основные задачи научных исследований Антарктики:

- оценить роль и место Антарктики в изучении глобального изменения климата; создать систему глобальной и региональной моделей, обеспечивающую высокое пространственное разрешение в Антарктике для построения сценариев изменения климата;

- исследовать причины мощного тропосферного потепления в районе Антарктического полуострова, наблюдаемого последние 50 лет, изучить механизмы, ответственные за

формирование изменчивости Антарктической круговой моды;

- изучить причины увеличения площади морского льда в Южном океане;

- оценить роль антарктических вод в глобальном цикле углерода и место Южного океана как резервуара для поглощения излишков атмосферного углекислого газа;

- определить параметры движущих механизмов термохалинной циркуляции вод Мирового океана, находящихся в Антарктике, включая формирование донных вод у берегов Антарктиды;

- разработать технологии ансамблевого прогнозирования будущих изменений климата Антарктиды на основе глобальной и региональной моделей; оценить будущие изменения и их проявления в атмосфере, океане, морском и материковом льду, в вечномёрзлых породах и экосистемах;

- оценить потенциально опасные глобальные и региональные изменения окружающей среды в Антарктике (экстремальные погодные явления, таяние ледников и повышение уровня океана, образование айсбергов, ледовые условия в Южном океане);

- создать систему регулярного выпуска прогнозов ветрового волнения в Южном океане, учитывающих состояние ледяного покрова с горизонтальным разрешением около 10 км и с заблаговременностью до 5 суток;

- разработать программу мониторинга океанографических процессов в антарктических водах как национального компонента международной программы «Система наблюдений Южного океана», которая должна включать в себя судовые, прибрежные и спутниковые наблюдения за процессами в океане и морском льду;

- оценить роль крупнейшего на планете подледникового озера Восток в эволюции покровного оледенения и гидрологической системы Антарктиды, установить происхождение и восстановить историю развития озера, определить его современные параметры и выявить возможные микробные сообщества, населяющие озеро;

- разработать методы определения основных параметров гидрологического режима озера Восток по данным об изотопном и газовом составе проб озёрной воды; оценить вклад гидротермальных источников в гидрологический режим озера;

- оценить стабильность системы «антарктический ледник — подледниковое озеро Восток» в условиях глобальных климатических изменений, определить степень изолированности озера от других элементов подледниковой гидрологической системы Антарктиды;

- выполнить реконструкцию прошлых изменений климата различных временных масштабов (от 100 тыс. до 1,5 млн лет), установить механизмы функционирования климатической системы для целей моделирования и прогноза долговременных (100–1000 лет) тенденций изменений природной среды планеты;

- оценить современный баланс массы Антарктического ледникового покрова и определить его вклад в изменение уровня Мирового океана; оценить динамику снегонакопления в границах основных ледосборных бассейнов как реакции Антарктического ледникового покрова на изменения климата;

- оценить влияние подледникового стока на динамику стока материкового льда в океан на основе анализа особенностей гидрологического режима на ледниковом ложе, включая существующие системы подледниковых озёр;

- установить геодинамические события докембрия (4,0–0,5 млрд лет), связанные с образованием и распадом древних суперконтинентов;

- разработать модели эволюции Тихоокеанского подвижного пояса в позднем докембрии и фанерозое (последние 800 млн лет) и развития Южного океана в позднем фанерозое (последние 200 млн лет);

- определить основные этапы изменения природной среды Антарктики за последние 65 млн лет (тектонические обстановки, осадконакопление в окраинных морях, природные условия, ландшафты и палеоциркуляция вод Южного океана);

- разработать модель геологического строения и тектонической природы поверхности антарктического материка под ледниковым покровом; получить изотопные характеристики обломочного материала на побережье Антарктиды (перенесённых льдом из внутренних районов материка);

- создать генетическую классификацию главных структурно-минералогических провинций Антарктики, используя тектоническое районирование и сравнивая его с гондванскими материками и известными месторождениями полезных ископаемых; количественно оценить запасы твёрдых полезных ископаемых на материке и нефтегазоносность морских осадочных бассейнов;

- сформировать новые знания о биоразнообразии, видовом составе флоры, фауны и микробиоты, таксономической структуре, количественных характеристиках отдельных наземных и водных биоценозов и экосистем Антарктики, трофических связях в них и их функционирования;

- дать комплексную оценку современного состояния антарктических наземных, морских,

пресноводных и ледовых экосистем и тенденций изменений в них под влиянием изменений климата и/или антропогенного воздействия для прогноза будущих изменений;

— подготовить научно обоснованную систему мониторинга основных компонент живой природы в районах деятельности Российской антарктической экспедиции; дать научное обоснование природоохранным мероприятиям, обязательным во время проведения российских работ в Антарктике и Южном океане;

— оценить водные биологические ресурсы Антарктики на основе исследований с целью прогнозирования (состояния) их запасов для обеспечения экономически эффективного рыбного промысла.

3. Основные задачи научных исследований в обоих полярных регионах:

— изучить современное состояние и дать прогноз влияния космо- и гелиогеофизических факторов на космическую погоду и развитие аномальных геофизических и атмосферных процессов, оказывающих негативное воздействие на технологические системы и среду обитания человека;

— исследовать закономерности трансформации энергии солнечного ветра в магнитосферно-ионосферные возмущения и выявить в режиме реального времени индикаторы, характеризующие геофизическую эффективность солнечного ветра;

— выявить закономерности развития активности процессов в полярных шапках и их влияния на интенсивность и продолжительность последующих магнитосферных возмущений (суббурь) и выявить ключевые параметры для составления оперативных прогнозов и оценки опасных геофизических явлений;

— изучить особенности распространения радиоволн на трансполярных радиотрассах при различных геофизических условиях и на радиотрассах большой протяжённости, связывающих Антарктику с Арктикой;

— исследовать механизмы изменения глобальной электрической (токовой) цепи по данным измерений атмосферного электрического поля и атмосферных электрических токов в полярных шапках;

— оценить роль солнечного ветра, вариаций солнечного ультрафиолетового излучения, квазидвухлетних колебаний экваториальных стратосферных ветров и других солнечных и космических факторов в возникновении долго- и кратковременных изменений озонового слоя;

— разработать рекомендации по снижению риска и уменьшению последствий природных и техногенных катастроф в полярных областях Земли.

4. Задачи развития научной инфраструктуры и систем мониторинга полярных регионов:

— сфокусировать усилия на развитии методов и средств обеспечения деятельности России в полярных регионах, способных в перспективе предоставлять обслуживание, необходимое для государства и коммерческих потребителей;

— эффективно использовать действующие научные центры (обсерватория в Тикси, центр в Баренцбурге, база на мысе Баранова, станция на острове Самойловский и др.) и привлекать субъекты РФ для совершенствования и развития систем наблюдения и исследований (например, станция на о. Белый);

— восстановить сеть баз, стационаров, полигонов и постов, имеющих длинные ряды наблюдений, включающие параметры, важные для России и мирового сообщества (прежде всего геокриологические и гидрологические наблюдения);

— активно развивать сети гидрометеорологического, геокриологического, гляциологического, сейсмоакустического, экологического, биологического мониторинга в районах развивающейся хозяйственной деятельности (в первую очередь в районах Баренцева и Карского морей);

— создавать и развивать комплексные центры мониторинга на базе НИУ (аналогично Полярному геофизическому центру ААНИИ, обеспечивающему оперативный сбор, архивацию и анализ всей доступной информации о воздействии солнечной активности на систему «магнитосфера—ионосфера» и метеорологические процессы в полярных регионах);

— включить в системы мониторинга параметры, важные для обеспечения охраны здоровья населения северных территорий и снижения медико-биологических рисков;

— усилить систематический вклад России в международные системы наблюдения полярных океанов путём проведения регулярных морских экспедиций (например, по «вековым» разрезам) и (для) размещения буёв в труднодоступных покрытых льдом районах;

— создавать новые и использовать имеющиеся современные технологии научных исследований и мониторинга, развивать отечественную приборную базу (беспилотные летательные аппараты с современными датчиками, ледовые масс-балансовые буи, метеобуи с анализаторами газово-

го состава воздуха, автономные дрейфующие буи, глайдеры, радиолокационная аппаратура, пробоотборные модули для подледниковых озёр и т.п.);

- создавать аналитические лаборатории для выполнения тонких химических и масс-спектрометрических анализов проб воздуха, воды, льда, почвы, в том числе на наличие загрязняющих веществ;

- продолжить развитие космической системы наблюдений и сбора информации (серия «Арктика», «Метеор») с перспективой активного использования российских спутников и средств доступа к спутниковым данным; содействовать ускорению работ по созданию российских спутниковых радиолокационных и иных систем;

- осуществить привязку ведомственных наблюдений (прежде всего геокриологических) к стандартным гидрометеорологическим наблюдениям;

- привлекать коммерческие структуры на основе партнёрства, повышать их заинтересованность в организации наблюдений и открытии данных для потребителей, что позволит решать проблемы, возникающие с отсутствием гидрологических и инженерных геокриологических наблюдений;

- инициировать исследования, направленные на создание новейших перспективных методов наблюдений в областях, где можно занять лидирующие позиции в мире.

5. Задачи совершенствования информационного обеспечения работ в полярных регионах:

- совершенствовать системы прогноза, прежде всего методы прогнозов экстремальных и опасных явлений и процессов, для информирования федеральных и региональных органов власти и бизнес-структур;

- использовать магистральные направления развития хозяйственной деятельности в Арктике для поддержания и развития систем информационного обслуживания и исследований, закладывающих их основу;

- развивать оперативное специализированное обеспечение с учётом полярной специфики (например, ледовые прогнозы с заблаговременностью от нескольких месяцев до года и более в арктических морях и реках), включая специализированные локальные системы гидрометобеспечения для конкретных объектов и видов деятельности (добывающие платформы, отгрузочные терминалы и т.п.);

- прилагать усилия для развития полярной ветви Глобальной рамочной основы климатиче-

ского обслуживания (ГРОКО) с учётом российских интересов;

- систематически оценивать имеющуюся нормативную и методологическую базу с учётом изменения климата и изменяющихся запросов потребителя;

- использовать в качестве основы Единую систему информации о Мировом океане (ЕСИМО), распространив её на полярные (в том числе наземные) регионы с учётом более широких потребностей в информации;

- развивать тематические информационные центры, созданные в ходе МПГ 2007/2008 на базе НИУ, и вовлекать их в практическую деятельность для обслуживания потребителей;

- разработать высокотехнологичные методы прогноза компонент арктической климатической системы, основанные на современных региональных моделях высокого разрешения с усвоением данных наблюдений из разных источников (гидрометсеть, спутники, суда, беспилотники и т.п.), в том числе ведомственных;

- регулярно давать оценки последствий изменения климата, а также изменений окружающей среды с фокусом на изменения в опасных явлениях; оказывать информационную поддержку выполнению международных обязательств России и соблюдению стандартов международного обмена данными.

6. Задачи подготовки молодых специалистов и распространения знаний:

- развивать сетевое взаимодействие между образовательными и научно-исследовательскими учреждениями в сфере подготовки научно-производственных кадров с целью развития комплекса образовательных программ по полярной тематике совместно с организацией и проведением комплексных научно-образовательных экспедиций;

- на основе взаимодействия ВУЗов и НИУ создавать научно-образовательные координационно-логистические центры, направленные на информационное сопровождение и координацию (полевой) экспедиционной деятельности в Арктике и Антарктике;

- разработать механизмы финансового обеспечения практик и полевых научно-образовательных экспедиций в Арктике через совместное участие в государственных и межгосударственных программах, проектах, инициируемых бизнесом и международными фондами;

- сформировать единую национальную культурно-просветительскую стратегию, направленную на популяризацию и повышение имиджа

полярных профессий среди молодёжи; совместно с представителями СМИ проводить семинары и конференции по актуальным вопросам полярных исследований;

— через СМИ повышать информированность общества о результатах участия отечественных учёных и экспертов в реализации российских

и международных научных и прикладных программ полярных исследований, в том числе через ведомственные интернет-издания;

— размещать на веб-сайтах организаций, выполняющих исследования в Арктике и Антарктике, больше образовательных материалов, комментариев, интервью с экспертами.

The prospects for Russian polar researches in light of the development of the International Polar Partnership Initiative

This document was discussed and adopted at the Polar Conferences Sochi in 2014 and in 2015

Scientific investigations by the Russian Federation of Arctic and Antarctica are presently related to priority problems of social and economic development of our country. However, successful realization of these efforts needs to overcome difficulties of interdepartmental and inter-institute barriers. It is especially important in connection with Russia's support of the developing International Polar Partnership Initiative (IPPI). This initiative promotes an increase in efficiency of scientific investigations on both the international and national levels.

When developing a concept of the Russian polar investigations as a contribution to the IPPI, one should take into account the following basic documents: «Strategy of development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2020», «Strategy of development of activity of the Russian Federation in the Antarctica up to 2020 and more longer period», and «Maritime Doctrine of the Russian Federation».

It is necessary also to take into consideration the strategic plans of the International Arctic Scientific Committee (IASC), the Scientific Committee for Antarctic Research (SCAR), and the International Geographic Union (IGU). In doing so, it would be appropriate to organize within the framework of the IGU a Target Group for international cooperation in Arctic.

Below is the list of main problems of polar investigations, a solution for which is extremely important in both global and national aspects.

1. The main objectives for Arctic scientific investigations:

— to estimate climate changes in the Arctic and their role for global climate change, planetary carbon circulation, and sea level rise;

— to determine causes of the Arctic enhancement of climate change, to estimate the role of atmospheric processes of the energy transfer and feedbacks for

the Arctic intensification of warming using data of observations, reanalysis, and numerical modeling;

— to estimate predictability of changes of the climate characteristics in the Arctic on inter-annual and decadal time scales and to develop techniques of long-range forecasting of the sea ice cover changes on the basis of observations and regional and global modeling;

— to estimate a degree of extremality of weather and climate conditions in the Arctic seas and on the seashore and to develop methods for prediction of repeatability of hazardous hydrometeorological phenomena;

— to estimate changes of concentrations of methane and carbon dioxide from measurements performed by circumpolar observatories, research ships, and ice drifting stations, and to explore the problem of water acidification in the Arctic Ocean;

— to investigate mechanisms of penetration of the Atlantic waters into the Arctic and their variability;

— to investigate permafrost on the shelf and the seashore zone, and to estimate a degree of destabilization of the methane-hydrate storage in the sedimentary rocks of the shelf and the seashore zone that may cause the methane emission into water and the atmosphere;

— to estimate the present-day state and to predict future evolution of natural processes in the cryosphere of the Russian Arctic, in particular the current state of ice domes and glaciers in the Arctic and Subarctic, and evolution of them in the XXI century;

— to determine parameters of changes in the internal structure (hydrothermal state) of glaciers in the Russian Arctic by means of repeated radar sounding and direct (*in situ*) measurements in boreholes and to estimate intensity of the glacier-sea interaction (between sea and glaciers) on isles and on iceberg calving;

— to estimate the geo-ecological state, changes of landscape structures, and biological potential of the cryolithozone under conditions of changing climate and technogenic load;

- to predict evolution of the cryolithozone under different scenarios of climate change and development of the technogenic load; to estimate roles of cryogenic processes on slopes and coasts in formation of natural-cryogenic geosystems and ecosystems in lower courses of large rivers of the Russian Arctic;

- to study the hydrological regime of Northern rivers and lakes, including estimates of changes of river runoffs and the fresh-water budget of the Arctic; to investigate regional features of changes in basins of the largest rivers under the effect of present-day climate change and anthropogenic factors and to identify regions with critical changes;

- to adapt models of the water cycle for conditions of the cryolithozone and to work out methods of estimation of scenario changes of the ice-regime characteristics on rivers and lakes;

- to develop a technique for detailing the model scenarios of climate change in the XXI century based on regional climatic models and physical-mathematical approaches, with regard for dissimilarity of river watersheds;

- to calculate scenario estimates of hydrological changes caused by probable social and economic changes as well as global climate changes in the XXI century; to work out recommendations for adaptation to these changes;

- to make a cadaster description of the Russian Arctic biodiversity, to estimate the present-day state of marine and land ecosystems together with observed changes under conditions of changing climate and anthropogenic influence; to develop analytical models of the functioning of marine and land ecosystems in the Arctic;

- to prepare a forecast of possible changes in marine and land ecosystems in response to climate change, increasing natural methane emissions, water acidification, and anthropogenic pressing; to work out recommendations for the rational use and reproduction of bioresources of adjacent seas of the Russian Arctic;

- to improve methods of paleontologic and paleoecological reconstructions for investigation structures and functioning of the Arctic ecosystems under conditions of changing climate; to broaden the complex paleogeographical investigations of landscapes and climate in relation to history of ancient people;

- to create a program of study and preservation of the gene pool of indigenous (aboriginal) populations of the North under conditions of intensification of assimilation processes;

- to study composition and dynamics of environmental pollution in the Arctic; to estimate ecological state of the Arctic environment, including the study

of effects from black carbon and other short-lived atmospheric pollutants upon the Arctic environment and population;

- to study transportation of pollutants from distant and local sources (in the atmosphere, ocean, land waters, and ices); to investigate mechanisms of removal of oil pollution by different means, including microorganisms; to estimate Nature's potential of self-cleaning the environment;

- to work out the scientific basis for measures aimed at ecologically safe surveys (prospecting) and development of oil and gas pools and other mineral resources;

- to evaluate medical, biological, and ecological risks in relation to climatic changes, to assess risks of invading of focal parasites and infectious diseases for population of the Arctic zone of the Russian Federation;

- to provide a comprehensive assessment of adaptive abilities of the human organism under the influence of cosmic and helio-geophysical factors and natural conditions of high latitudes with regard to severe and changing climate;

- to devise up-to-date computer procedures for diagnosing individual meteorological sensitivity for men with different psychotypes and to prepare variants of prophylactic proposals for lowering the risks of negative impacts upon health;

- to elaborate scientific approaches for solutions to the problem of improvement of the quality of life, especially for indigenous populations of the Northern peoples, under both positive and mitigating negative consequences of climate changes;

- to elaborate a long-term strategy of Arctic development comparing different methods of organization of work, i.e. permanent presence of a personnel at a site or rotation of working teams; to suggest methods of medical-psychological correction practices ensuring successful adaptation of the personnel if a rotation method is accepted;

- to work out the technical-economic basis for designing a hospital multi-profile ship of the icebreaker class (like a ship «Svir») for all means of stationary medical service during various works in the Arctic.

2. The main objectives for scientific investigation in Antarctica:

- to assess the role and significance of the Antarctic Region for studies of global climate change; to develop a system of global and regional models providing a high spatial resolution in the Antarctic Region for constructing scenarios of climate change;

- to investigate causes of the strong tropospheric warming in the Antarctic Peninsula that has been recorded for the last 50 years; to study mechanisms

responsible for the formation of the Antarctic cyclotomic mode;

- to study causes of growth of the sea ice area in the South Ocean;

- to estimate the role of Antarctic waters in the global carbon cycle and significance of the Southern Ocean as a reservoir for excess atmospheric carbon dioxide;

- to determine parameters of the driving mechanisms of the thermohaline circulation in the Antarctic area, including formation of bottom waters near the coasts of Antarctica;

- to develop techniques for ensemble forecasting of future climate change in the Antarctic Region on the basis of global and regional models; to estimate possible future climate change and their manifestations in the atmosphere, ocean, sea and continental ice, in permafrost areas and ecosystems;

- to estimate potentially dangerous global and regional changes in the Antarctic Region (extreme weather events, melting of glaciers and sea level rise, calving of icebergs, ice conditions in the Southern Oceans);

- to organize a system of regular forecasting of wind-driven sea waves in the Southern Oceans with consideration for the sea ice state, its horizontal resolution is about 10 km and earliness up to 5 days;

- to work out a program of monitoring oceanographic processes in Antarctic waters as a national component of the International program «System of the South Ocean Observations» which should include ship, coastal, and satellite observations of processes in the ocean and the sea ice;

- to estimate the role of the largest subglacial lake «Vostok» for evolution of inland ice and hydrological systems of the Antarctic continent, to reveal its origin and to reconstruct the lake history, to measure its basic parameters and to find possible microbe assemblages inhabiting the lake;

- to devise methods of determination of main parameters of the «Vostok» Lake hydrological regime from data on isotope and gas composition of the lake water probes; to assess a contribution of hydrothermal sources into the lake hydrological regime;

- to assess stability of the system «glacier-subglacial lake» under global climate change and to determine the degree of the lake's isolation from other elements of the Antarctic subglacial hydrological system;

- to reconstruct the past climate changes of different time scales (from hundreds of thousands to 1.5 million of years) and to establish mechanisms of the climate system functioning for modeling and forecasting of long-term (100–1000 years) tendencies of the Earth's environmental changes;

- to investigate the present mass balance of the Antarctic ice sheet and to assess its contribution to the changes in water levels of the World Ocean; to evaluate a dynamics of snow accumulation within limits of main ice-catchments as a response to climate change;

- to determine the influence of subglacial runoff upon dynamics of the continental ice discharge into the ocean on the basis of an analysis of the hydrological regime on the glacier bed including existing systems of subglacial lakes;

- to reconstruct geodynamic events of Precambrian (4.0–0.5 billion of years) related with formation and destruction of ancient super-continents;

- to construct models of evolution of the Pacific waters of the conveyor belt in the late Precambrian and the Phanerozoic (the last 200 million years);

- to define the main stages of the Antarctic environmental changes for the last 65 million years (tectonic events, sedimentation in marginal seas, natural conditions, landscapes and paleocirculation of the South Ocean waters);

- to construct a model of geological structure and tectonic nature of the Antarctic continent surface under the ice sheet; to obtain isotope characteristics of fragmental minerals on the coast (transported by the ice from internal regions of the Antarctic continent);

- to construct genetic classification of main structural-minerogenetic provinces of the Antarctic based on tectonic zoning and comparison with the Gondwana lands and known mineral deposits; to make a quantitative estimate solid mineral resources on the continent and oil and gas reserves in marine sedimentary basins;

- to collect new knowledge on biodiversity, species composition of flora, fauna, and microbiota, taxonomic structure, quantitative characteristic of individual land and water biocenoses and ecosystems, about their functioning and trophic links within them;

- to make a detailed estimate of the current state of the Antarctic land, marine, freshwater, and glacial ecosystems, of tendencies of changes within them under influence of climate change or/and anthropogenic effects for prognosis of future changes;

- to prepare a scientifically based monitoring system for control of main components of living Nature in areas of the Russian Antarctic Expedition activity; to elaborate scientific basis for the Nature-protecting measures during the Russian works in the Antarctic Regions and in the South Ocean;

- to assess aquatic biological resources of the Antarctic Regions based on a predicted state of their storage for realization the economically efficient fishing.

3. The main objectives for scientific studies in both polar regions:

- to study the present-day state and to predict influence of cosmic- and heliogeophysical factors upon space weather and development of anomalous geophysical and atmospheric processes, exerting negative impacts upon technological systems and the human habitat;
- to investigate regularities of the solar wind energy transformation into the magnetosphere-ionosphere perturbations and to provide, in real-time mode, indicators of the solar wind geoefficiency;
- to determine regularities of the atmospheric processes activity on the polar caps and their relation to intensity and duration of the following magnetosphere perturbations and to reveal the key parameters providing operational prognosis and estimate of dangerous geophysical phenomena;
- to estimate features of the radiowave propagation on transpolar radioroutes under different geophysical conditions and on the long-distance radioroutes connecting both polar regions;
- to investigate mechanisms of the global electric chain from data on the state of the atmospheric electric field and atmospheric electric currents in polar regions;
- to study roles of the solar wind, ultraviolet radiation, the quasi-biennial oscillation of the equatorial stratospheric winds, and other solar and cosmic factors in long-term and short-term changes of the ozone layer;
- to elaborate on recommendations for mitigation of risks and decrease of consequences of natural and technogenic catastrophes in the polar regions of the Earth.

4. The tasks of development for the scientific infrastructure and monitoring systems of the polar regions:

- to concentrate efforts on the development of methods and means of maintenance of Russia's activity in the polar regions that have the potential to provide the necessary service for the state and commercial customers;
- to efficiently use existing scientific centers (the Tiksi Observatory, the Barentsburg Center, the base on the Baranov Cape, the station on the Samoilovsky Island) and to invite regional administrations of Russia for the development of observational systems and investigations (for example, a station on Belyi Island);
- to restore a network of bases, stations, polygons, and posts with long-term data series of obser-

vations that include parameters important for both the Russia and for the world community (first of all, geocryological and hydrological observations);

- to actively develop all possible types of monitoring (hydrometeorological, geocryological, glaciological, seismic-acoustic, biological) in areas of developing economic activity (first of all, in the Barents and Kara seas);

- to create and develop diversified monitoring centers on the basis of scientific research organizations (like the Polar Geophysical Center in the Arctic and Antarctic Research Institute that provides the real-time collection, archiving, and analysis of information about effect of solar activity upon the magnetosphere-ionosphere and meteorological processes in polar regions);

- to include into the monitoring systems parameters needed for health care of the population of Northern territories and a decrease of medical-biological risks;

- to enhance the systematic contribution of Russia into international observational systems in the polar oceans on the basis of regular oceanic expeditions (for example, along the basic permanent meridian or latitudes) and for installation of buoys in hard to reach regions covered with ice;

- to design new and to use available contemporary technologies of scientific research and monitoring, to develop a national instrumental base (unmanned aircrafts with modern sensors, ice mass-balance buoys, meteorological buoys with the gas analyzers, gliders, radars, sampling modules for subglacial lakes, etc.);

- to organize analytical laboratories for performing of fine chemical and mass-spectrometric analyses of samples of the air, water, soil including control of pollutants;

- to continue progress of the space observational systems (series «Arctika», «Meteor») with the prospect of actively using Russian satellites and improving the means of access to the satellite data; to assist the acceleration of work for designing Russian satellite radar and scatter-metric systems;

- to organize the integration of institute observations (first of all, geocryological ones) with standard hydrometeorological observations;

- to attract commercial entities on the basis of partnership, to increase their interest in observations and access to the data for users that could provide solutions for acute problems with hydrological and engineering geocryological observations;

- to initiate investigations for devising potential new observations in areas where we would be able to take a leading position in the world.

5. The tasks for improvement of the information support for polar scientific investigations:

- to improve forecasting methods and systems, first of all, of extreme and dangerous phenomena and processes to inform federal and regional authorities and business structures;
- to use main directions of development of economic activity in the Arctic for the maintenance and development of the information service systems and research, forming the basis for the economy;
- to develop operational specialized software taking into account the polar specific (for example, ice forecasts with lead time from several months to a year or more in the Arctic seas and rivers), including specialized local systems of hydrometeorological service for specific objects and types of activity (production platforms, terminals, etc.);
- to make efforts for the development of a polar branch of the WMO Global Framework for Climate Services (GFCS), taking into account Russian interests;
- to assess systematically the existing regulatory and methodological base in the light of climate change and changing user demands;
- to use as the basis the unified system of information on world ocean (ESIMO) to cover polar (including land) regions with the broader information needs;
- to develop thematic information centers established during IPY 2007/08 on the basis of some research institutes, and to involve them in practical activities to service users;
- to develop high-tech methods of forecasting of components of the Arctic climate system based on existing regional models with high resolution data assimilation of observations from different sources (hydrometeorological networks, satellites, ships, drones, etc.), including departmental ones;
- to regularly evaluate the impacts of climate and environmental changes, with a focus on changes in

hazardous phenomena; to provide information supporting the implementation of Russia's international commitments and compliance with international standards of data exchange.

6. The tasks of preparing young specialists and dissemination of knowledge:

- to develop forms of interaction between educational and research institutions in the field of training scientific and production personnel with the purpose to develop a system of educational programs focused on polar issues together with organizing and implementing integrated scientific and educational expeditions;
- on the basis of interaction between universities and research institutes, to create research and education coordinating and logistical centers aimed at information support and coordination of field and expedition activities in the Arctic and Antarctic;
- to develop mechanisms of financial support for practices and field research and education expeditions in the Arctic through joint participation in state and international programs and projects initiated by the business and international funds;
- to form a unified national cultural-educational strategy aimed at promoting and improving the image of polar professions among the youth; to conduct joint media seminars and conferences on topical issues of polar researches;
- using the media to raise awareness of the society about the results of participation of Russian scientists and experts in the implementation of both national and international scientific and applied programs of polar research, including through the departmental online publication (the Internet publications);
- to place on the websites of the organizations, performing research in the Arctic and Antarctic, more educational materials, commentaries, and interviews with experts.

Подписано в печать 20.02.2016 г. Выход в свет 21.03.2016 г. Формат 60 × 88¹/₈
Цифровая печать Усл.печ.л. 18.0 Усл.кр.-отт. 7.2 тыс. Уч.-изд.л. 18.0 Бум.л. 9.0
Тираж 300 экз. Зак. 964 Цена свободная

Соучредители: Российская академия наук, Русское географическое общество

Издатель: Российская академия наук. Издательство «Наука», 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Отпечатано в ППП «Типография «Наука», 121099 Москва, Шубинский пер., 6