

ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Полярный геофизический центр при ГНЦ РФ ААНИИ был создан приказом руководителя Росгидромета от 31 декабря 2013 г. как информационно-аналитический центр геофизического мониторинга Росгидромета для выполнения задач по сбору, обработке, анализу и представлению в систему мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации (далее — Система МГФО РФ) данных магнитных и ионосферных наблюдений в Арктике и Антарктике.

Основные задачи Полярного геофизического центра:

- мониторинг космической погоды и геофизической обстановки в Российской Арктике и в Антарктике.
- разработка и совершенствование методов диагностики и текущего прогноза космической погоды и состояния магнитосферы;
- разработка и совершенствование научно-технической базы системы мониторинга;
- предоставление текущей и прогностической информации в Систему МГФО РФ и другим потребителям.

Космической погодой называют постоянные изменения характеристик магнитосферы Земли — области околоземного космического пространства, контролируемой геомагнитным полем. Эти изменения обусловлены взаимодействием магнитосферы с солнечным ветром — потоками солнечной плазмы, непрерывно излучаемой Солнцем в межпланетное пространство. Одним из основных аспектов «космической погоды» являются магнито-ионосферные возмущения — сильные отклонения параметров ионосферы и магнитного поля от регулярного уровня.

Интенсивные магнито-ионосферные возмущения оказывают критическое воздействие на работу связных и радиолокационных систем, приводят к нарушениям в работе энергетических, коммуникационных систем и

трубопроводов. Таким образом, мониторинг и прогноз космической погоды является важной государственной проблемой, которая может быть решена только при условии адекватной информации о состоянии околоземной среды и знания механизмов возмущений в этой среде.

Первым откликом на геоэффективные изменения параметров солнечного ветра («возмущенный солнечный ветер») является усиление магнитной активности в полярных шапках Земли, которые прямо связаны магнитными силовыми линиями с пограничными областями магнитосферы, взаимодействующими с солнечным ветром (рис. 1). Учитывая это обстоятельство, в ААНИИ был разработан индекс магнитной активности в полярных шапках (PC индекс), который является индикатором поступающей в магнитосферу энергии солнечного ветра. PC индекс рассчитывается по магнитным данным околополюсной станции Восток, расположенной в центре Антарктиды (рис. 2)

Магнито-ионосферные возмущения достигают максимальной интенсивности в авроральной зоне, куда в возмущенные периоды вторгаются мощные потоки ускоренных (авроральных) частиц. В результате этих вторжений (визуальным проявлением которых являются полярные сияния) проводимость ионосферы резко повышается и в авроральной зоне (полоса геомагнитных широт от 60° до 70°) генерируются интенсивные ионосферные токи, ответственные за сильные магнитные возмущения (магнитосферные суббури). Во

время экстремально сильных суббурь авроральная зона расширяется к экватору и ее южная граница может достигать 50° географической широты. Интенсивность магнитосферной суббури характеризуется «авроральными» индексами магнитной активности AU и AL, определяющими максимальную величину положительного и

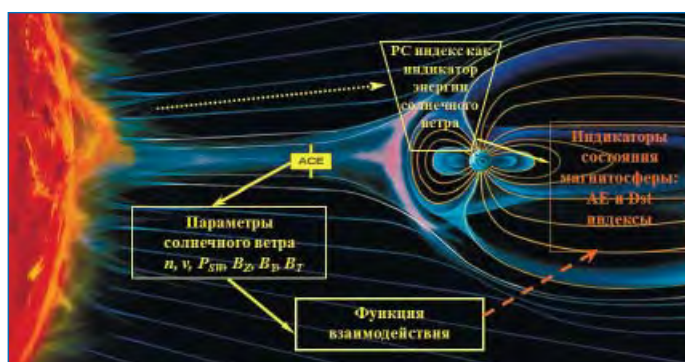


Рис. 1. Иллюстрация взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли (в искаженном масштабе).

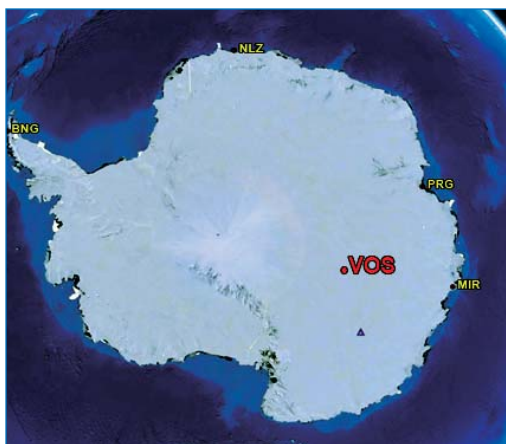


Рис. 2. Сеть геофизических наблюдений станций в Антарктике: Восток (VOS), Мирный (MIR), Прогресс (PRG), Новолазаревская (NLZ), Беллингаузен (BNG).



Рис. 3. Сеть геофизических станций в Арктике: Ловозеро (LOZ), Амдерма (AMD), Салехард (SLH), Диксон (DIK), Тикси (TIK), Певек (PBK), Баренцбург (BRB), о. Хейса (HIS), о. Визе (VIS), о. Известий ЦИК (IZV), мыс Баранова (BRN).

отрицательного магнитных возмущений в авроральной зоне и индексом AE — их алгебраической суммой.

Высокоширотная сеть геофизических наблюдений Росгидромета включает 5 антарктических станций: Восток, Мирный, Прогресс, Новолазаревская, Беллинсгаузен (рис. 2) и 11 арктических станций Ловозеро, Амдерма, Салехард, Диксон, Тикси, Певек, Баренцбург, о. Хейса, о. Визе, о. Известий ЦИК, мыс Баранова (рис. 3). По оперативным магнитным данным станции Восток рассчитывается PC индекс магнитной активности. Мониторинг процессов в российском секторе авроральной зоны осуществляется по данным магнитных и ионосферных наблюдений на широтной цепочке арктических станций, расположенных вдоль авроральной зоны от Кольского полуострова до Чукотки (рис. 3) и данных меридиональной цепочки станций в Карском море. Данные станций Амдерма, Диксон, Тикси, Певек (отмечены красным цветом) используются при оперативном расчете международных «авроральных» индексов $AU/AL/AE$. В высокоширотную сеть включена также геофизическая станция Горьковская (расположенная вблизи Санкт-Петербурга), которая служит экспериментальной базой отдела геофизики ААНИИ. На станции Горьковская ведутся регулярные магнитные и ионосферные наблюдения, проводится отладка аппаратуры и новых методов исследований. Станция Горьковская является одним из основных пунктов дистанционного контроля эффектов антропогенного воздействия на полярную ионосферу.

Магнитные, риометрические и ионосферные наблюдения, выполняемые на сети арктических и антарктических станций, являются основой системы мониторинга геофизической обстановки. По данным магнитных наблюдений на станции Восток (Антарктика) ведется мониторинг космической погоды, по данным магнитных наблюдений Арктической сети станций ведется мониторинг магнитных возмущений в авроральной зоне и контролируется развитие магнитосферных суббурь (AL индекс). Риометрические наблюдения, характеризующие степень поглощения космического радиоизлучения в нижней ионосфере (D слой), позволяют судить о степени и характере воздействия высокоэнергичных частиц на полярную ионосферу. Вертикальное зондирование ионосферы (VZI) обеспечивает информацию о характеристиках верхних слоев ионосферы (слои E и F) и позволяет построить профиль электронной концентрации в локальной области ионосферы над станцией. Данные наклонного зондирования (HZI) о состоянии ионосферы по всей радиотрассе используются для выбора оптимального диапазона частот на КВ-линиях радиосвязи. Данные геофизических наблюдений на сети арктических и антарктических станций передаются в режиме реального времени в Полярный геофизический центр, где они оперативно обрабатываются, анализируются и передаются заинтересованным потребителям.

В соответствии с задачами мониторинга сеть геофизических полярных станций была полностью реорганизована в 2009–2014 гг. Взамен устаревшей аппаратуры — аналоговых ионозондов — на станциях была установлена новая цифровая техника: канадский цифровой вертикальный ионозонд $CADI$, комплекс наклонного зондирования ионосферы с линейно-частотной модуляцией ($ЛЧМ$), разработанный специалистами Марийского государственного технического университета. Для получения цифровой информации о вариациях магнитного поля и риометрического поглощения в

ААНИИ была разработана специализированная система оцифровки и накопления данных («Микролог»), которая используется в комплексе со стандартной магнитометрической аппаратурой и аналоговым риометром. Специальное программное обеспечение формирует геофизическую информацию в блоки (пакеты), которые автоматически, без участия персонала станции, передаются в каналы связи.

Для обеспечения оперативной передачи больших объемов геофизической информации (>1 Мбит/ч) на геофизических станциях были установлены спутниковые терминалы, позволяющие использовать современные скоростные протоколы транспортировки информации. Все вычислительные средства на станциях были объединены в локальную компьютерную сеть, которая подключалась к серверу отдела геофизики ААНИИ. Это позволило реализовать оперативный контроль и дистанционное управление измерительными комплексами в пунктах геофизических наблюдений (включая мониторинг работы аппаратуры на станциях).

Для приема непрерывно поступающих со станций геофизических данных в ААНИИ был установлен мощный сервер, который обеспечивает первичную обработку, контроль качества, систематизацию и архивацию геофизических данных в режиме реального времени. Была разработана электронная база данных (которая пополняется в режиме реального времени), включающая следующие виды измерений:

- вариации магнитного поля по трем компонентам (одноминутные данные);
- данные протонного магнитометра;
- вариации поглощения космического радиоизлучения (одноминутные данные);
- ионограммы вертикального зондирования ионосферы на станциях (наблюдения каждые 15 мин);
- ионограммы наклонного зондирования ионосферы (HZI) по разным радиотрассам (наблюдения каждые 15 мин).

Поступающие геофизические данные служат основой для автоматического оперативного анализа геофизической обстановки в Арктике по методикам, разработанным в отделе геофизики ААНИИ (индикативные характеристики возмущенности магнитного поля и авроральной ионосферы и количественные показатели, такие как PC и $AL/AU/AE$ индексы и региональный индекс магнитной возмущенности в российском секторе авроральной зоны). Результаты анализа представляются на портале Полярного геофизического центра http://www.geophys.aari.ru/index_ru.html и передаются в режиме реального времени в геофизические информационно-аналитические центры при НИЦ «Планета» и при Институте прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова (ИПГ).

На портале Полярного геофизического центра (рис. 4) представлены индексы магнитной активности PC , AL , Dst и индикативные показатели возмущенности магнитосферы, вариации магнитного поля и риометрического поглощения на разных станциях, ионограммы вертикального зондирования на разных станциях и ионограммы наклонного зондирования по разным радиотрассам.

Полярный геофизический центр также ведет обмен геофизическими данными с зарубежными центрами и институтами: данные магнитных и риометрических измерений на российских станциях авроральной зоны обмениваются в оперативном режиме на планетарные индексы магнитной активности AL и Dst (The Data Analysis

Center for Geomagnetism and Space Magnetism (DACGSM), Japan), на данные о параметрах солнечного ветра, измеряемых на борту спутника ACE (Space Weather Prediction Center (NWPC) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA), на данные о вариациях магнитного поля в американском секторе авроральной зоны (US Geological Service (USGS) NOAA, USA), на данные о вариациях поглощения космического радиоизлучения в американском секторе авроральной зоны (National Resources Canada (NRC), Canada), на данные о вариациях магнитного поля и поглощения космического радиоизлучения на скандинавской меридиональной цепочке станций (Finish Meteorological Institute (FMI), Finland), на данные о вариациях магнитной активности в северной полярной шапке (Danish Technical University (DTU) World Data Center (WDC), Denmark).

Таким образом, в Полярном геофизическом центре при ГНЦ РФ АНИИ успешно работает многофункциональный комплекс, включающий: систему оперативного сбора геофизических данных с удаленных арктических и антарктических станций, систему дистанционного контроля и управления измерительными геофизическими комплексами на этих станциях, систему приема, первичной обработки, контроля качества непрерывно поступающей в АНИИ геофизической информации, систему архивации данных, систему управления базой



Рис. 4. Представление оперативной геофизической информации на портале Полярного геофизического центра.

геофизических данных, систему оперативного анализа и визуализации данных геофизических наблюдений в Арктике и Антарктике. Вступление в строй Полярного геофизического центра знаменует завершение работ по вводу в действие арктического сегмента сети геофизического мониторинга Росгидромета. Главная заслуга в решении этой масштабной задачи принадлежит сотрудникам отдела геофизики АНИИ Д.А. Сормакову,

Д.И. Рогову, В.М. Выставному и, прежде всего, А.С. Янжуре, который был основным идеологом технического проекта.

Планируется, что помимо мониторинга космической погоды и текущего прогноза состояния магнитосферы Полярный геофизический центр будет ориентирован на решение задач, связанных с хозяйственным освоением Севера, таких как:

- обеспечение устойчивой радиосвязи (выбор оптимальных радиочастот) по трассе Северного морского пути;
- обеспечение точности направленного бурения разведочных и промысловых скважин в районах нефти- и газодобычи в арктической зоне;
- обеспечение точности геолого-геофизического картирования в морях Северного Ледовитого океана.

О.А. Трошичев (АНИИ)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН И В ЗАПАДНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Расположение архипелага Шпицберген обеспечивает уникальные условия для проведения высокоширотных научно-практических исследований, а в связи с начавшимся активным освоением Арктики и развитием морского судоходства архипелаг может стать одним из важных логистических центров транспортной системы в регионе.

Актуальность проблемы мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации представляется очевидной. В связи с этим, а также учитывая новые технические и информационные возможности, появившиеся в последние годы, существует необходимость и возможность разработки новых методов и средств такого мониторинга.

В 2014 г. Министерство образования и науки РФ инициировало выполнение в рамках мероприятия 1.4 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.», утвержденной постановле-

нием Правительства РФ от 21 мая 2013 г. № 426, проект «Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне РФ» (westarctic.ru). Исполнителями проекта стали ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ), ФГБОУ ВПО Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), ФГАОУ ВПО Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (САФУ), ФГБУН Геофизическая служба РАН — Кольский филиал (КФ ГС РАН) и ФГБУН Институт экологических проблем Севера УрО РАН (ИЭПС УрО РАН). Проект рассчитан на период 2014–2016 гг.

Специфика российского присутствия на архипелаге Шпицберген определяется суровыми природно-климатическими условиями, обусловленными высокоширотным расположением архипелага и уязвимостью арктических экосистем к внешним воздействиям.