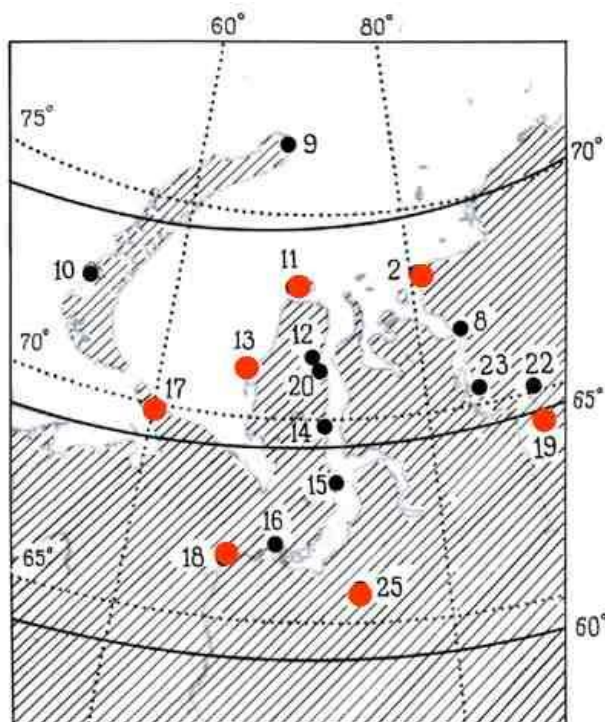


Перед Вами очередной информационный бюллетень о состоянии магнитного поля Земли (МПЗ) на Ямале по наблюдениям магнитометров в пунктах пос. Харасовэй и город Надым. Рассылку и распространение Бюллетеня ведет ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», <https://arctic.yanao.ru>. Предыдущие обзоры состояния



Геофизический полигон на Ямале

магнитного поля Земли (МПЗ) с июля 2019 года будут собраны в виде информационного ресурса по мере разработки нового сайта <https://arctic.yanao.ru/> и продолжения работы сайта «Виртуальная геофизическая лаборатория ЯНАО» www.ямалгео.рф. Публикация информационного бюллетеня о состоянии МПЗ на Ямале направлена на привлечение внимания к проблеме мониторинга состояния естественной среды Земли и околоземного пространства под воздействием космических излучений, что служит основой оценки космической погоды. В настоящее время применительно к территории Ямала задачей оценки состояния космической погоды занимаются в ИЗМИРАН, www.izmiran.ru/ и в ИКИ РАН, www.cosmos.ru. Данные

магнитометров в реальном времени поступают в ИЗМИРАН и отображаются в сети на сайте <http://forecast.izmiran.ru/>. В настоящее время в рабочем состоянии находятся два магнитометра - в пос. Харасовэй, № 13, и г. Надым № 25

Рис.1 Схема распределения пунктов наблюдений на Ямале. Красные точки – действующие магнитометры, черные – магнитометры работавшие ранее.

Глобальные характеристики состояния МПЗ, декабрь 2019.

В нашем обзоре для описания состояния магнитного поля Земли (МПЗ) в планетарном масштабе мы используем планетарные геомагнитные индексы **Kp**, **AЕ** и **Dst**. Описание индексов и их физический смысл представлены на сайте ИЗМИРАН как часть книги «Космическая среда вокруг нас», глава 5 «Вариации магнитного поля Земли как информационная основа исследований окружающего космического пространства, см. http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/space-around-us/HTML/gl_5/gl_5.html.

В течение декабря 2019 магнитное поле на Ямале было спокойным, так же как и МПЗ в глобальном масштабе. Подтверждено что мы проходим минимум солнечной активности между 24 и 25 циклами, внезапных выбросов плазмы на Солнце, которые

приводят к магнитным бурям на Земле в декабре не наблюдалось. Кольцевой ток в радиационных поясах в магнитосфере был незначительным, что видно по поведению **Dst** вариации на рис 2, в целом индекс **Dst** оставался на самом низком уровне.

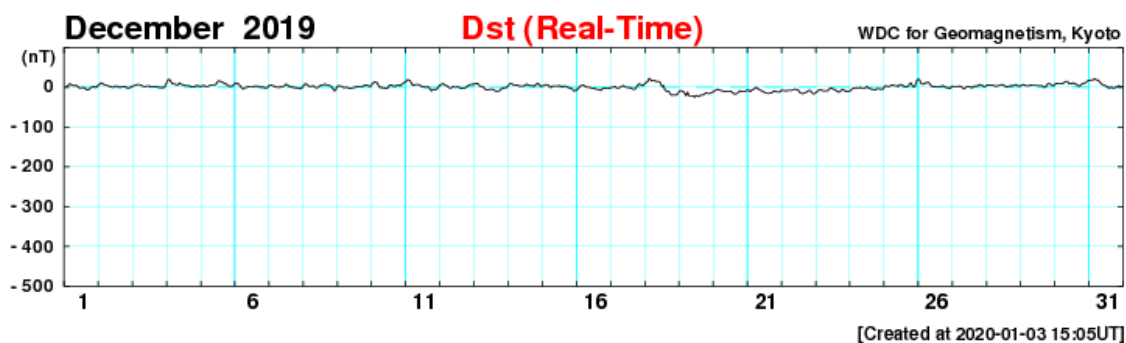


Рис.2 График **Dst** индекса за декабрь 2019 года. Данные взяты из Мирового центра данных в Японии (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201912/index.html).

Планетарный **AE**-индекс представляет изменения МПЗ в зоне полярных сияний, которые вызваны развитием струйных токов на высотах слоя Е ионосферы 100 -120 км. Индекс **AE** характеризует интенсивность авроральных токов, так называемых «авроральных электроструй», которые представляют собой наиболее важную часть магнитных возмущений в планетарном масштабе. Наблюдаются два вида струйных токов – восточные, дающие положительные отклонения в Н-компоненте, и западные, дающие отрицательные отклонения в Н-компоненте от уровня спокойного магнитного поля. Обобщенная огибающая вариаций дает нам два значения - **AU** (положительные) и **AL** (отрицательные). На рис.3 представлены вариации **AE**-индекса за 07 декабря – идеально спокойный день, и 18 декабря 2019 года – период авроральной суббури. Фактически в декабре было всего три дня с умеренной возмущенностью, остальные дни были спокойными.

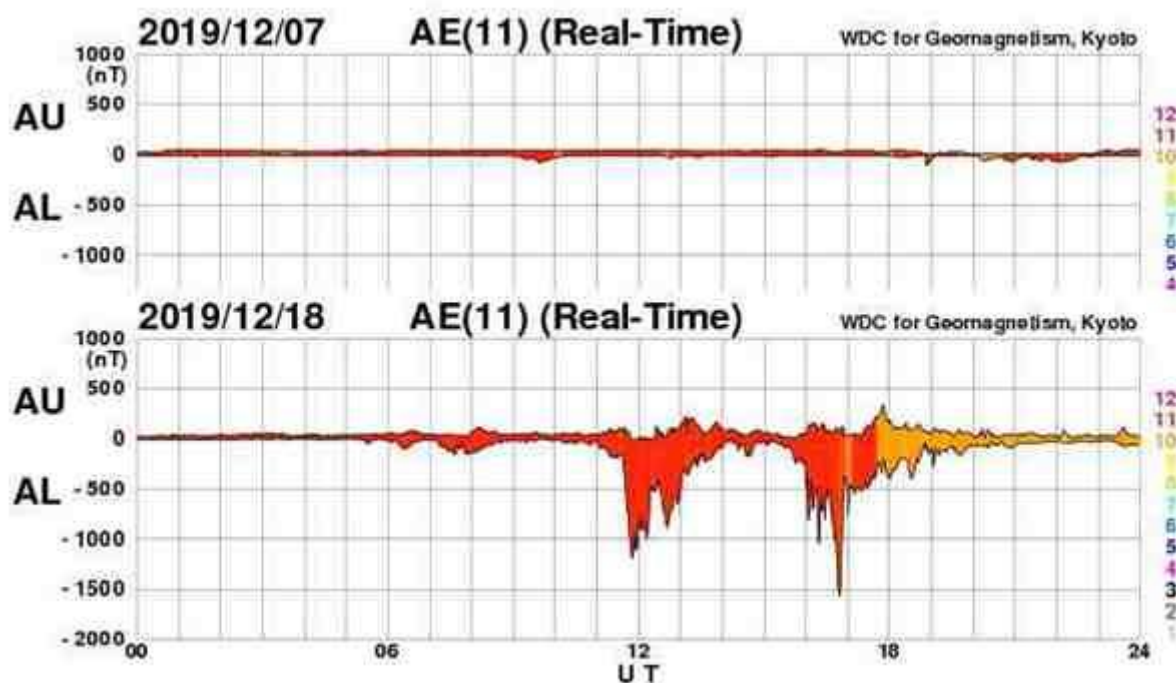


Рис.3. График изменений **AE**-индекса за 07 декабря и 18 декабря 2019 года. Авроральные токи (электроструи) над Ямалом были средней величины.

Для условий Ямала **AE**-индекс позволяет оценить суточный ход активности. 18 декабря 2019 года мы имеем две суббури – первая имеет максимум в 12 часов

мирового времени, что дает на Ямале 17 часов местного времени. В это время наверняка можно было наблюдать полярные сияния на большей части полуострова. Вторая суббуря имеет максимум 16-17 часов мирового, что соответствует 21 - 22 часа местного времени. Таким образом в эти часы можно было увидеть сбойные данные по навигатору ГЛОНАСС и возможно наблюдать и снимать аврору. В качестве иллюстрации - фото полярных сияний от Sophie Cordon, 19 декабря на Шпицбергене.



Вычисление индекса **АЕ** ведется по данным сети из 12 магнитных обсерваторий расположенных вдоль круга геомагнитной широты в пределах 63 – 70 градусов вдоль зоны полярных сияний. Контроль состояния магнитного поля Земли (МПЗ) по виду графиков **АЕ**-индекса позволяет оценить общее развитие событий в Арктике, ограниченной зоной полярных сияний. Фактически мы имеем картину формирования магнитосферы Земли – все силовые линии МПЗ что охвачены зоной сияний, формируют хвост магнитосферы, а те области к югу от зоны полярных сияний, находятся под контролем замкнутых силовых линий, формирующих область радиационных поясов Земли. Работа по сбору и вычислению **АЕ**-индекса ведется также как и для **Dst** индекса в реальном времени и служит базой для оперативной оценки состояния околоземного космического пространства, или планетарной **космической погоды**. Для пользователей все данные по **АЕ**-индексу доступны в Мировом Центре геомагнитных данных в Киото, Япония, см. в реальном времени графики **АЕ**-индекса http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ae_realtime/index.html /

Характеристики МПЗ на Ямале за декабрь 2019 года

Состояние МПЗ на Ямале в целом за декабрь 2019 года можно оценить по суточным графикам, выставляемым на сайте ИЗМИРАН <http://forecast.izmiran.ru/>. В ноябре хорошо отработал магнитометр вблизи пос. Харасовэй, значимая информация получена от магнитометра в г.Надым. Для контроля достоверности вариаций МПЗ на Ямале мы использовали данные стационарных обсерваторий Гидрометслужбы в пос. Амдерма № 17 и пос.Диксон № 2 по схеме на рис. 1. Данные этих обсерваторий доступны для просмотра через сервер геофизической обсерватории Тромсе (Норвегия) <http://flux.phys.uit.no/Last24/>. Также для детального рассмотрения геофизической ситуации можно воспользоваться сетью магнитометров по международному проекту IMAGE <https://space.fmi.fi/image>, покрывающему всю Скандинавию и Кольский полуостров, включающую 41 пункт наблюдений, графическая схема на рис. 4.

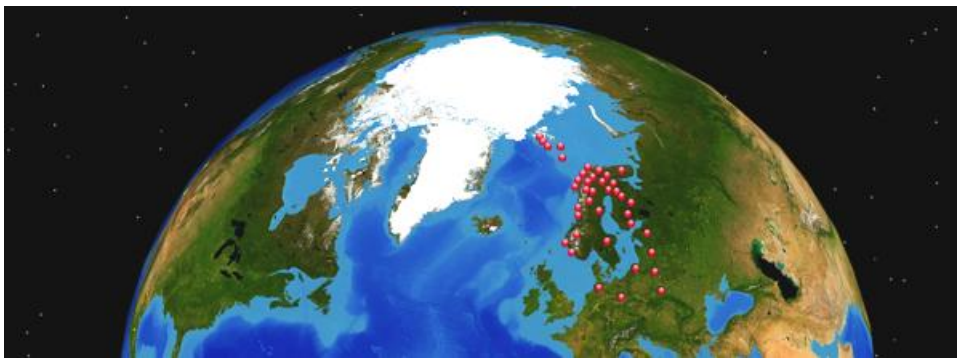


Рис 4. Схема сети магнитометров по проекту IMAGE, <https://space.fmi.fi/image>.

За прошедший декабрь заметная магнитная активность наблюдалась всего 4 дня с 18 по 21 декабря, при К-индексе в 6 баллов, которые сопровождались активными полярными сияниями наблюдавшимися по всей территории Ямала (там где была ясная погода !). По Западному российскому сектору Арктики любительские съемки полярных сияний можно найти на многих сайтах, в том числе на сайте НАСА <https://spaceweather.com/>, раздел **Realtime Aurora Photo Gallery**.

Состояние магнитного поля в Харасовэе в декабре 2019 года в целом можно видеть на обзорном графике рис.5. Как правило небольшие возмущения наблюдались в вечерние – полуночные часы, на рисунке они видны как пики в значениях локального К-индекса на уровне 4–х баллов, 10 дней К-индекс достигал значений 5 баллов (красный цвет).

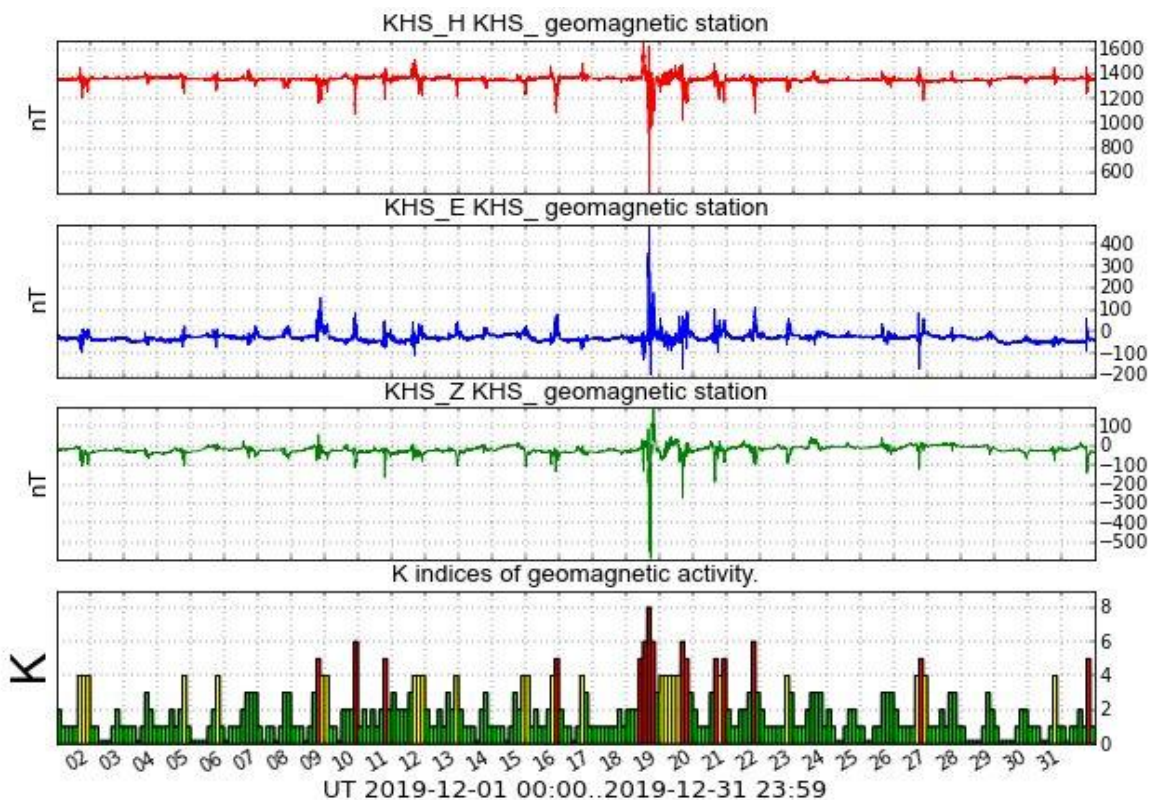


Рис 5. Вариации МПЗ по Харасовэю за декабрь 2019 года. Активный период наблюдался 18 – 21 декабря, К-индекс достигал экстремально – 8 баллов.

В заключение описания вариаций МПЗ по магнитометрам на Ямале следует указать на возможность работы с исходными цифровыми данными, которые доступны на сайте ИЗМИРАН <http://forecast.izmiran.ru/> в разделе «Наблюдения». Для внешних пользователей доступ к базе данных (БД) может быть организован через FTP сервер

[ftp 193.232.24.51](ftp://193.232.24.51) . Пароль для захода на БД можно получить через сотрудников ИЗМИРАН В.Г.Петрова (vpetrov@izmiran.ru) и К.Х.Канониди (kkkh@izmiran.ru). Текущая база цифровых данных по Ямалу берет свое начало с 2013 года.

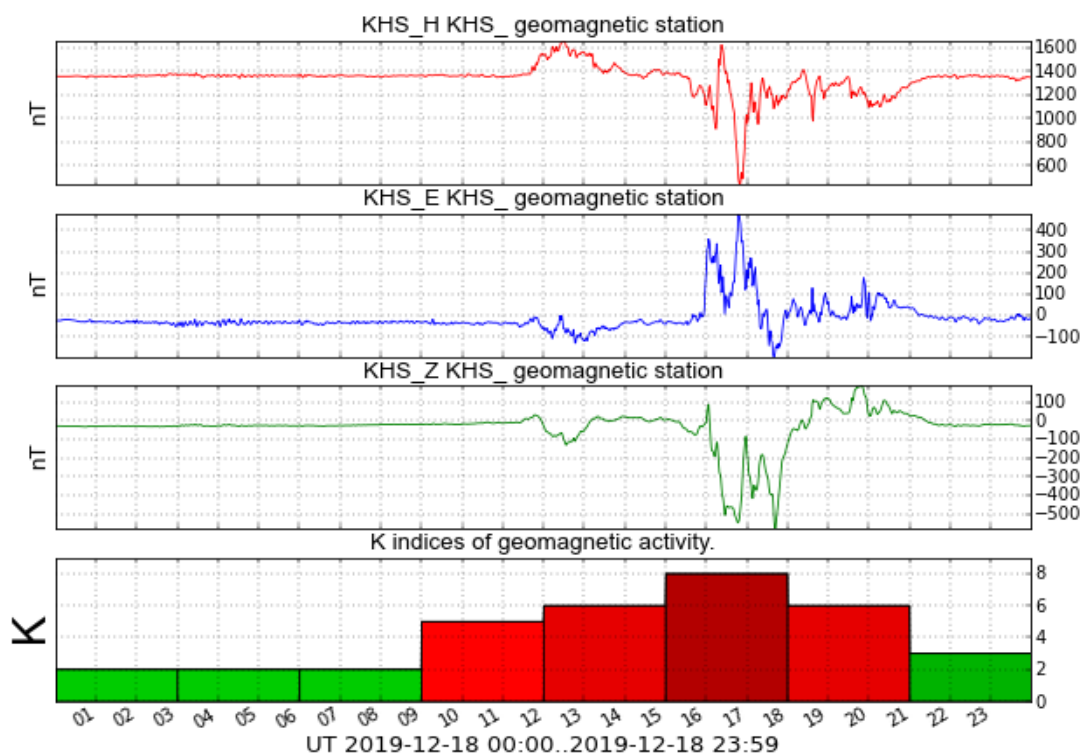


Рис.6. Вариации МПЗ пос. Харасовэй 18 декабря 2019 года. В это день начался период активности МПЗ с 12 часов мирового времени (17 часов местного на Ямале). Максимальное значение К-индекса 8 баллов.

Первая цифровая регистрация вариаций МПЗ на Ямале была начата сотрудниками ИЗМИРАН в период СССР с 1985 года и обрывается в 1991 - 1998 годы. В рамках Лаборатории полярных геофизических исследований ИЗМИРАН в прошедшие годы удалось сформировать базу данных, которая в настоящее время доступна на сервере ИКИ РАН здесь www.cosmos.ru/magbase.

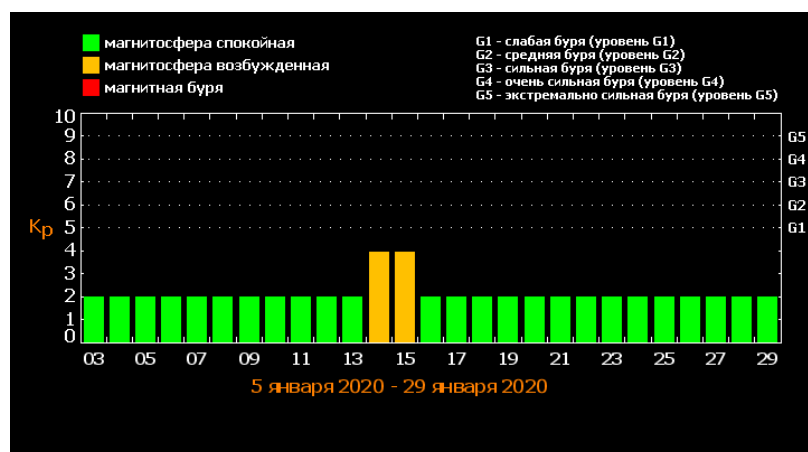
Одним из важных приложений данных о вариациях МПЗ на Ямале может служить оценка величины геоиндуктивных токов (ГИТ) в наземных системах линий электропередач, трубопроводов и железной дороги Лабытнанги - Бованенково. В качестве исходных данных можно взять данные регистрации ГИТ на Кольском полуострове, см. сайт <http://eurisgic.org/> - где ведется регистрация ГИТ в реальном времени - индукционных токов в нейтрали на линии электропередач на подстанции Мыс Выходной. Регистратор установлен в сети 110 кВ на Кольском полуострове, вариации МПЗ контролируются по данным магнитной обсерватории Ловозеро, расположенной на небольшом удалении от Мыса Выходной. Во всех случаях можно оценить возможные ГИТ на Ямале ввиду того что Кольский полуостров и Ямал находятся в сходных условиях МПЗ. Активность вариаций МПЗ на Ямале наблюдается в вечерние – ночные часы и сопровождается большими пульсациями с периодами 10 – 20 минут, что стимулирует наличие геоиндуктивных токов (ГИТ) в наземных системах линий электропередач, трубопроводов и железной дороги. По данным наблюдений ГИТ на Кольском полуострове в эти моменты наблюдаются индукционные знакопеременные токи (пульсации) силой от 1 до 20 ампер продолжительностью во весь период магнитной активности.

Региональный прогноз состояния МПЗ на январь 2020 года

Региональный прогноз состояния МПЗ строится на основе локальных данных с учетом общепланетарных характеристик, в первую очередь магнитных индексов **Kp**, **AE** и **Dst**. При оценке вариаций МПЗ на Ямале приходится учитывать данные Харасовэя и Надыма – остальные магнитометры находятся в режиме переустановки, ремонта или подбора новой точки для установки. Выбор ограничен расположением стационаров по списку в «Научном центре изучения Арктики», <https://arctic.yanao.ru>, по карте научных исследований, всего 15 точек. Для целей мониторинга вариаций МПЗ важной точкой является базовый научный стационар на о. Белый, № 1. Учитывая оптимизацию условий наблюдения вариаций МПЗ необходимо поддержать установку магнитометров вдоль геомагнитного меридиана 145 градусов, а именно в точках Белый – Сабетта – Сеяха – Мыс Каменный – Н. Порт – Ныда. Такая конфигурация сети магнитометров работала в 1972 - 1991 гг. и задача ее реновации является актуальной как для задач научных исследований, так и для практических приложений.

В 2015 году в Салехарде была создана «Виртуальная геофизическая лаборатория», <http://ямалгео.пф>, на сайте которой отражались данные о состоянии космической среды от Солнца до магнитосферы Земли. В настоящее время решаются вопросы обновления сайта с целью улучшения информативности оперативных данных. Эту работу будут вести сотрудники ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», <https://arctic.yanao.ru> и сотрудники институтов Академии наук ИКИ РАН (www.cosmos.ru), ИЗМИРАН (www.izmiran.ru) и ГЦ РАН (www.gcran.ru). На сайте также будут представлены результаты работ по проектам «Полярная геофизика Ямала», «Геомагнитный меридиан 145», «Аврора-Арктика» и им подобных. Сохраняется текущий прогноз полярных сияний над Ямалом в лаборатории на Шпицбергене см. <http://kho.unis.no/>, обновление картинок происходит каждые несколько минут – см. раздел **Aurora Forecast**. Рекомендуем всем любителям полярных сияний иметь в виду эту информацию. Конечно, наблюдения полярных сияний зависят от условий облачности, и главное - от сезона года. Наибольшая активность полярных сияний наблюдалась в октябре и в марте т.е. в период равноденствия.

В сети имеется много других источников информации о состоянии космической среды, в том числе множество сайтов с прогнозом наличия полярных сияний в том или другом месте. Американское Агентство космических исследований НАСА ведет публичный сайт с широким спектром данных по космосу. Полярные сияния на сайте представлены по сведениям Лаборатории прогнозов НОАА в Боулдере, см. <https://services.swpc.noaa.gov/images/aurora-forecast-northern-hemisphere.jpg>.



Состояние МПЗ на Ямале в январе 2020 года будет спокойным. Можно ожидать суббури 14 и 15 января, прогноз на сайте лаборатории рентгеновской астрономии ФИАН, см. https://tesis.lebedev.ru/forecast_activity.html.

Рис.7. Прогноз состояния МПЗ по данным лаборатории рентгеновской астрономии ФИАН https://tesis.lebedev.ru/forecast_activity.html

Движение магнитного полюса в Сибирь – факты и прогнозы.

В последнее время в СМИ появилось много сообщений о проблеме движения магнитного полюса в Сибирь. Безусловно, это явление находит свое отражение при организации работы магнитометров на Ямале. Хотя сам факт движения магнитного поля известен давно, более того, сейчас скорость этого движения уже уменьшается, и в общем-то, повышенный интерес к этому вопросу вызывает недоумение специалистов.

На рис. 8 представлена схема поясняющая положение полюсов с 1900 по 2025 годы. Отметим, что структура МПЗ складывается из трех источников – главное поле в ядре Земли, поле мантии, коры и поверхностных слоев Земли и поле токов в магнитосфере Земли. Наименее подвержены изменениям источники поля в земной коре. Измерения магнитного поля показывают, что поле глубинных источников за последние 500 лет уменьшилась примерно на 10 %. Поле мантии, коры и поверхностных слоев Земли изучено благодаря магнитным съемкам и экспедициям, в первую очередь направленным к поиску полезных ископаемых, таких как железные руды или другие металлы. Магнитный полюс (полюс наклонения) - место, где стрелка компаса смотрит вертикально вниз определяется суммарным эффектом поля глубинных источников, источников в мантии и коре Земли. На рис. 8 дрейф магнитного полюса по поверхности Земли показан красными линиями с точками. Более чем за 100 лет полюс сместился на 20 градусов. Сразу обращаем ваше внимание – дрейф полюса от глубинных источников МПЗ (расчетный геомагнитный полюс главного

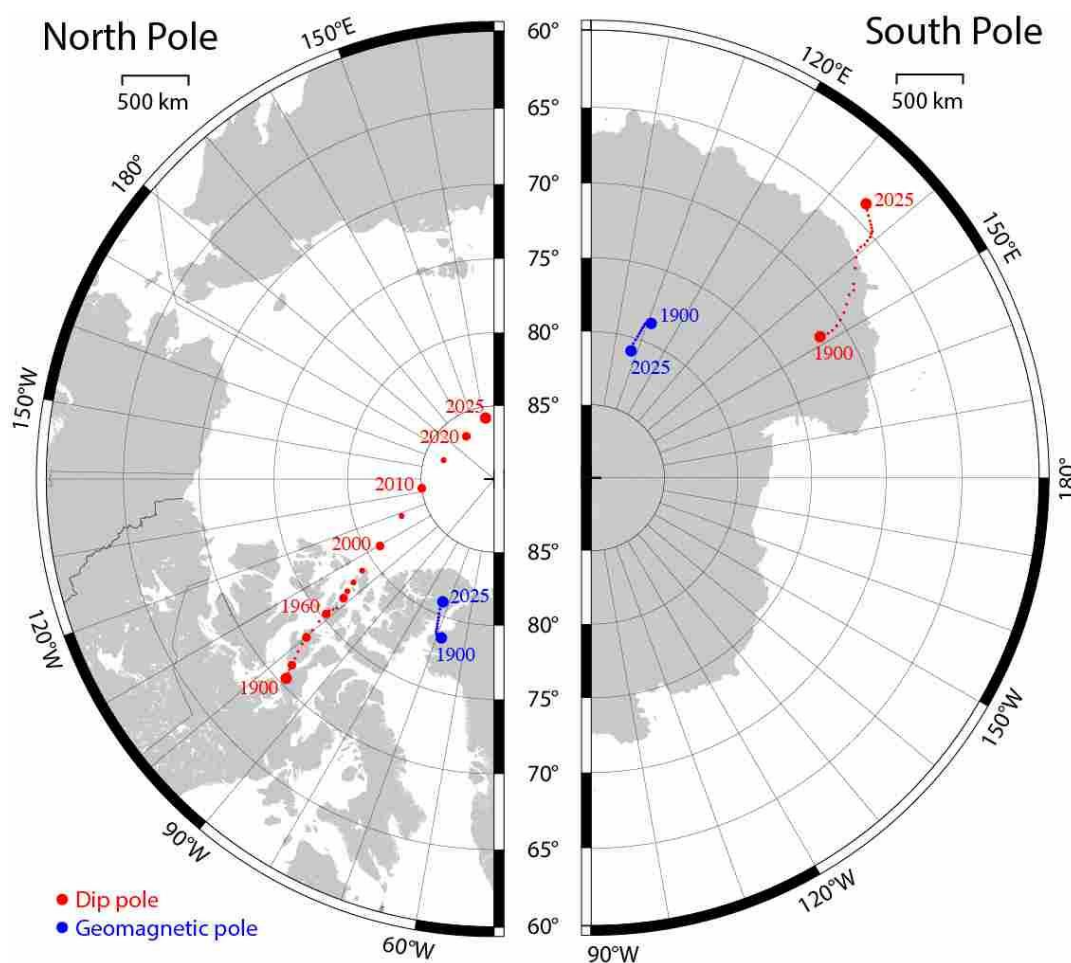


Рис.8. Положение магнитных полюсов Земли за 1900 – 2025 годы
МПЗ) отмечен синей линией. За сто лет этот полюс сдвинулся на 3 градуса, что примерно в 7 раз менее чем полюс наклонения на поверхности Земли. Какое соотношение между этим источниками «внутреннего» МПЗ и полем «внешних» токов

в магнитосфере Земли ? Ответ простой – структура «внешнего» поля испытывает большие изменения на удалениях в 1 – 10 радиусов Земли, вплоть до границы магнитосферы, и накладывается на внутреннюю часть МПЗ. Для нас важно что зона полярных сияний, структура радиационных поясов и токовые системы перестраиваются в течении минут, часов и дней, так что отражают состояние околоземной космической среды. При освоении космоса нам важно знать значение именно этой части – «внешнее» МПЗ. При возвращении на Землю мы твердо знаем, что **зона полярных сияний** за 125 лет сдвинулась примерно на 3 градуса в Северном полушарии и на 2.5 градуса в Южном полушарии.

Следует иметь ввиду большую важность знаний о состоянии МПЗ для прикладных целей – навигации на Земле и в космосе, оценки положения зон радиации, составления магнитных карт на поверхности Земли, прогноза космической погоды и т.д. Ученые традиционно и регулярно корректируют данные моделей магнитного поля Земли как для расчетов в космосе, так и для картирования по поверхности Земли. Модель МПЗ на эпоху 2020 (WMM -2020) в декабре 2019 года выложена для всеобщего пользования Геологической службой США и Британской геологической службой, см тут <https://geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/IGRF.html> , Международная модель IGRF 13. близкая к модели WMM выложена здесь <https://www.ngdc.noaa.gov/IAAGA/vmod/igrf.html>

Считается, что изменения МПЗ достигают заметных величин за 5 лет, отсюда принято согласовывать расчетные и наблюдаемые значения каждые 5 лет. На рис. 9 приведена карта расчетных значений МПЗ по склонению на эпоху 2020 года (при пользовании компасом или артиллерийской буссолью склонение один из первых элементов, которые нужно учитывать на практике !). Видно что по территории Ямала значение магнитного склонения - **Д восточное** ! – меняется от - 24 градусов в Салехарде до - 30 градусов на Харасовэе и - 33 градусов на о.Белом. Сотрудники ИЗМИРАН принимали участие в работе по обновлению мировой модели МПЗ - IGRF-13 (2020) и готовы оказывать консультации по ее использованию на практике.

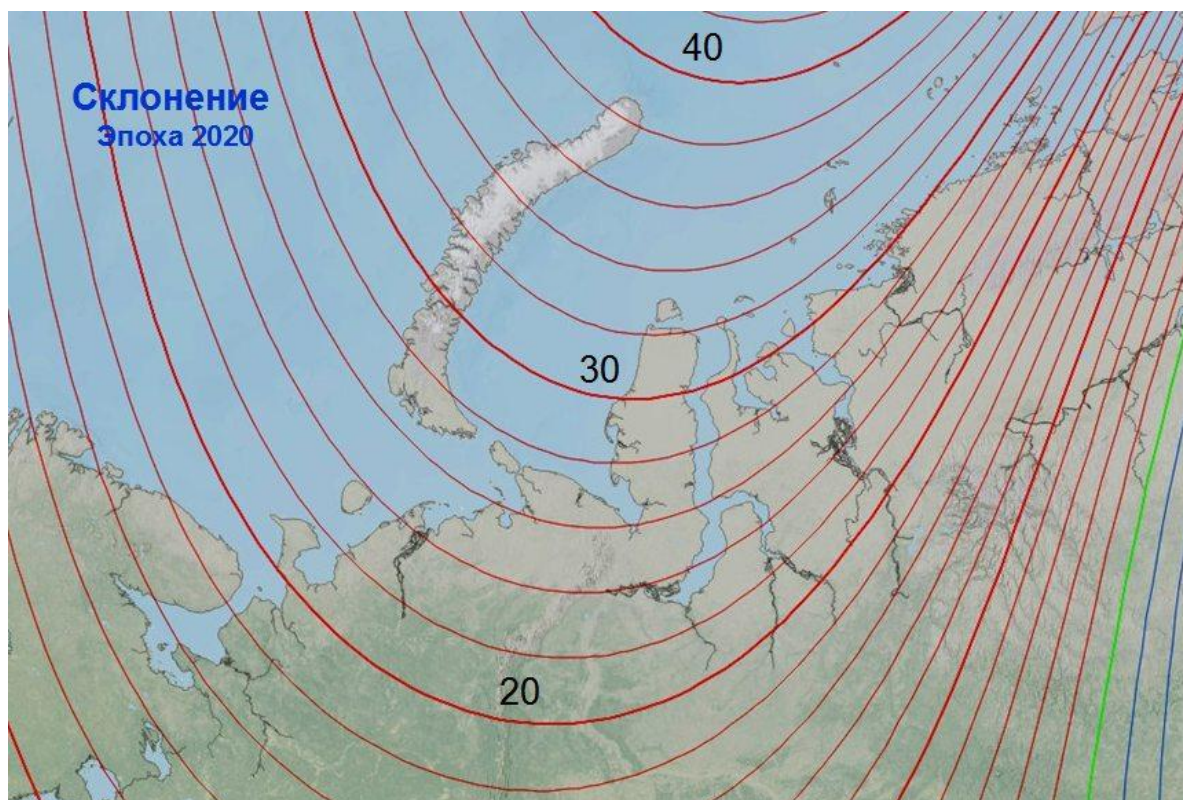


Рис.9. Карта МПЗ для склонения на эпоху 2020 года.

Обращение к читателям Бюллетеня: настоящий Бюллетень № 6 составлен в расчете на читателей, которые уже видели предыдущие номера, поэтому некоторые части Бюллетеня заметно отличаются от ранее написанных текстов. В целом Бюллетень рассчитан на широкий круг читателей – специалистов-геофизиков, маркшейдеров, учителей, школьников, и всех, кто интересуется состоянием МПЗ и космической погодой. Составители Бюллетеня будут признательны за любые сообщения, пожелания и вопросы по содержанию Бюллетеня. Направляйте ваши запросы по электронной почте space-edu@mail.ru . или alex.zaitsev1940@mail.ru .

С 10 по 14 февраля 2020 г. в ИКИ РАН будет организована очередная, пятнадцатая конференция "Физика плазмы в солнечной системе". Тематика конференции связана с теоретическими и экспериментальными исследованиями процессов в космической плазме, в частности, процессов на Солнце, в солнечном ветре, в ионосфере и магнитосфере Земли, см. <https://plasma2020.cosmos.ru/> . Тематика конференции также включает обсуждение проблемы прогноза космической погоды, воздействия космических факторов на атмосферу и климат Земли, и эффектов влияния геоиндуцированных токов (ГИТ) на технические системы. Заседания конференции по прикладным аспектам будут проходить в большом зале ИКИ с тем, чтобы организовать вход для всех заинтересованных лиц. Просьба о намерениях принять участие в открытых заседаниях сообщить заранее по эл. почте alex.zaitsev1940@mail.ru для организации свободного входа.

А.Н.Зайцев, 13 января 2020 года, Москва –Троицк – Салехард

