

**«Гелиогеомагнитная опасность для  
объектов электроэнергетики России,  
организация мониторинга и системы  
защиты электрических станций и сетей  
от действия геомагнитно  
индуцированных токов (ГИТ)»**

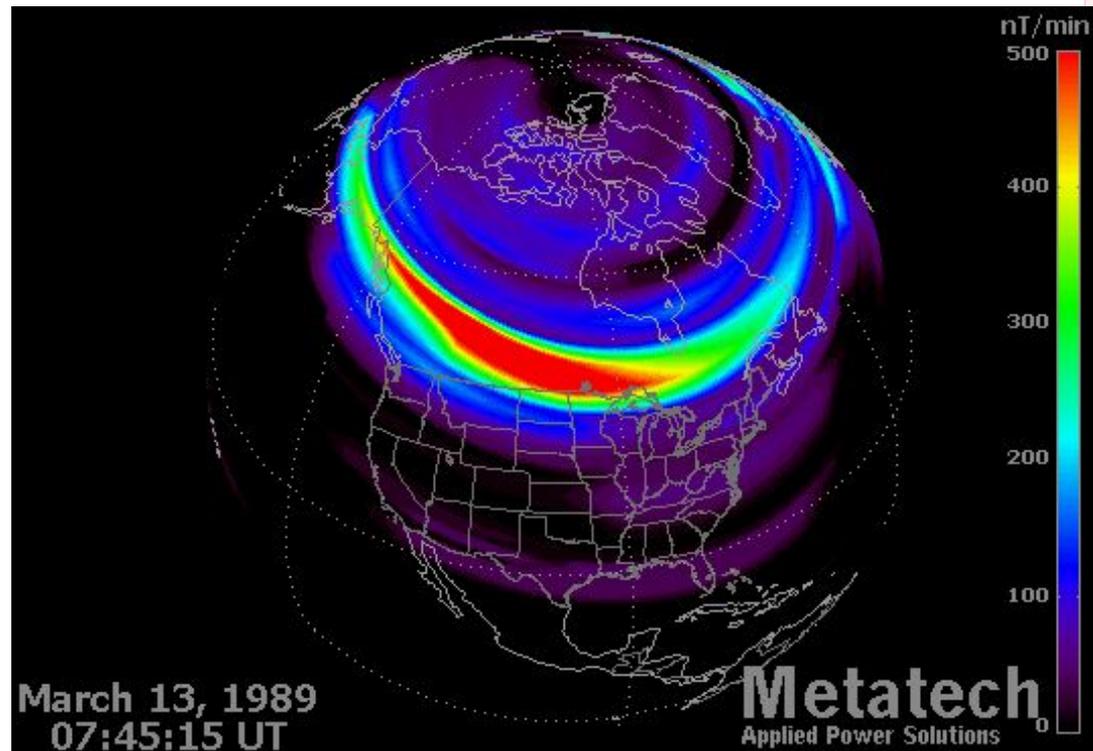
**1 этап (2011-2012 гг.)**

**член-корреспондент РАН Махутов Н.А.,  
в.н.с., к.ф.м.н. член-корр. РАЕН**

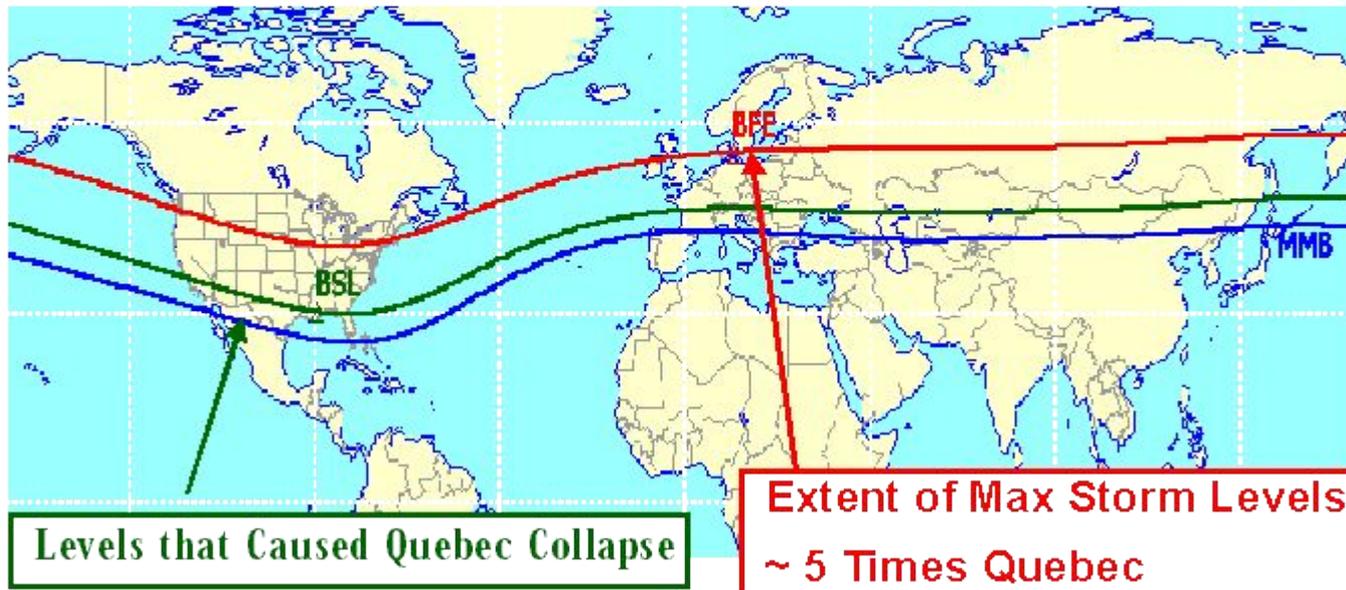
**Цыганков С.С.■**

# Возмущение геомагнитного поля

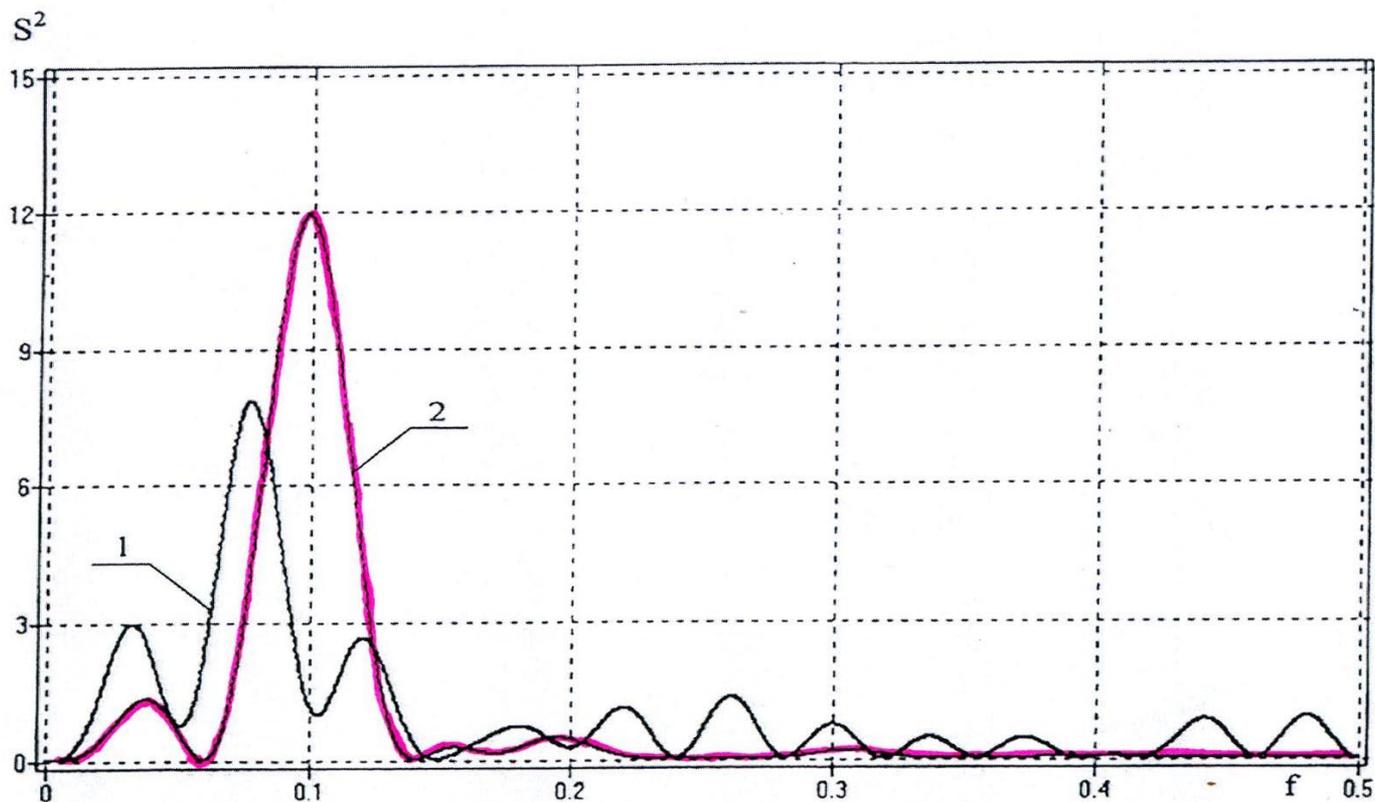
## 13.03.1989

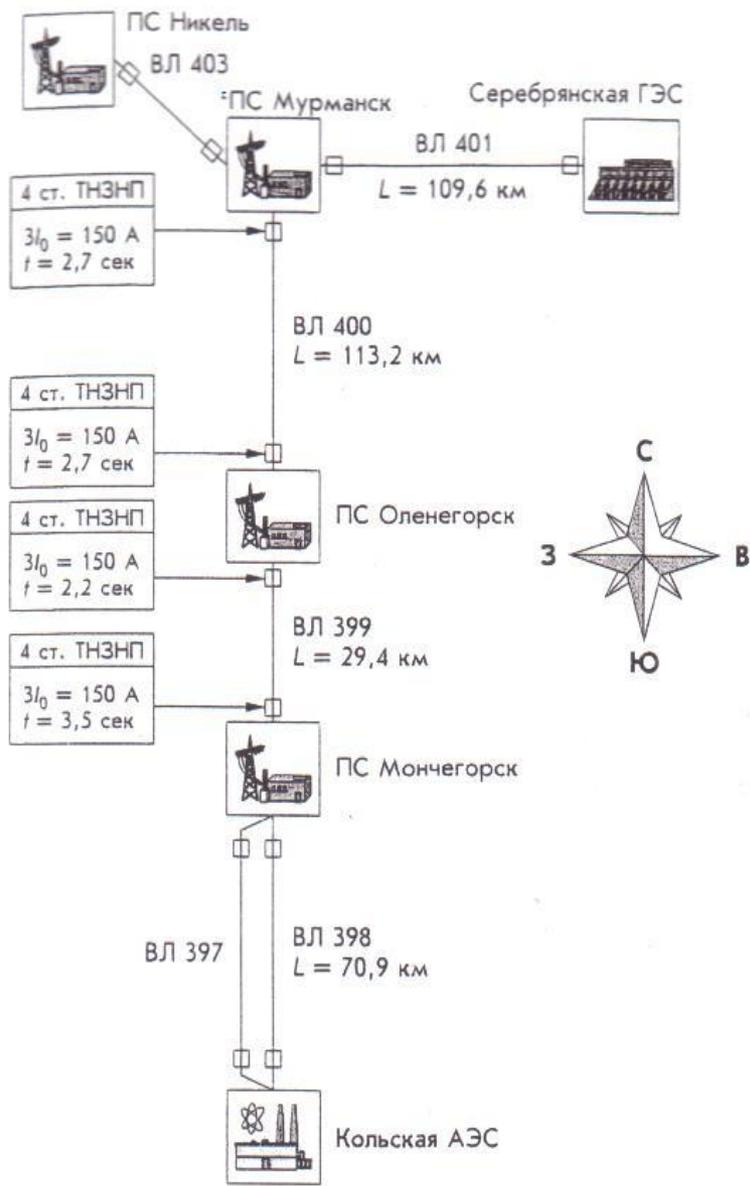


Карта рисков от будущих геомагнитных  
**Northern Hemisphere Regions at Risk**  
штормов для Северного полушария  
**from Future Storms**



# Периодограмма изменения удельной повреждаемости ЛЭП-500кВ МЭС Центра (1) и солнечной активности (2)





Карта ОЭС Северо – Запада, в которой в ноябре **2001** года из-за геомагнитных бурь дважды произошло аварийное отключение ВЛ **330** кВ Оленегорск-Мончегорск. Отключились потребители суммарной мощностью **70** мВт. Зафиксированы ГИТ в **150**А.

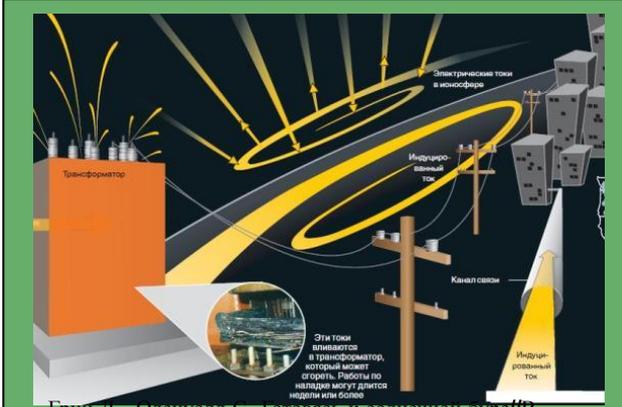
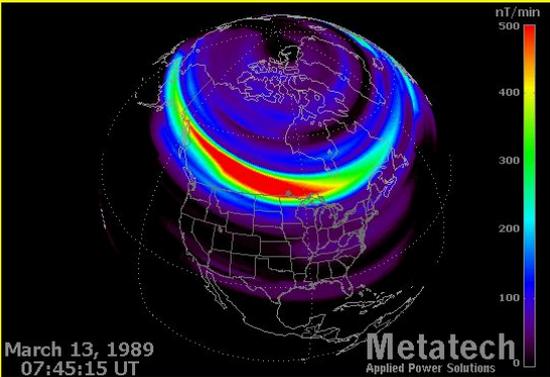


- Таким образом, по первой части доклада можно сделать однозначный вывод, что геомагнитные бури чрезвычайно опасны для Единой энергетической системы как России, так и других сопредельных стран, особенно в период будущего пика солнечной активности в **2012-2013** годах и необходимости проведения как национальных, так и межнациональных программ по мониторингу и защите от ГИТ.

# Источники гелиогеомагнитной опасности

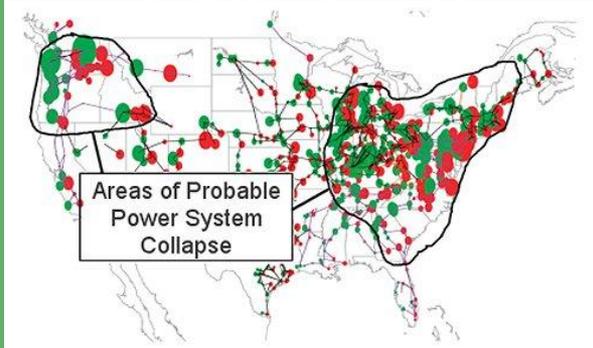


**Внешние:**  
изменение космической погоды

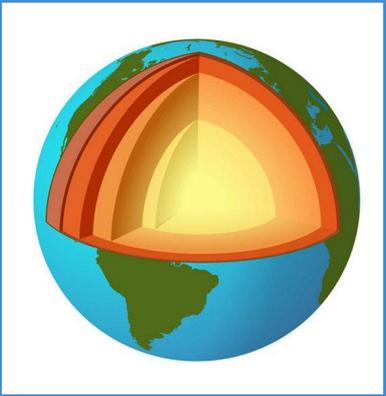


Грин Д., Оденуолд С. Готовясь к солнечной буре // В мире науки, №11, 2008

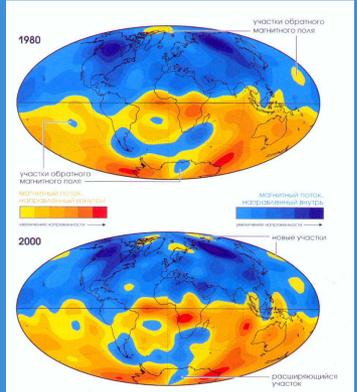
**Антропогенные:**  
рост технологического уровня жизнедеятельности



Сценарий вероятного разрушения электрических систем США для случая супербури в мае 1921 года. Credit: National Academy of Sciences.



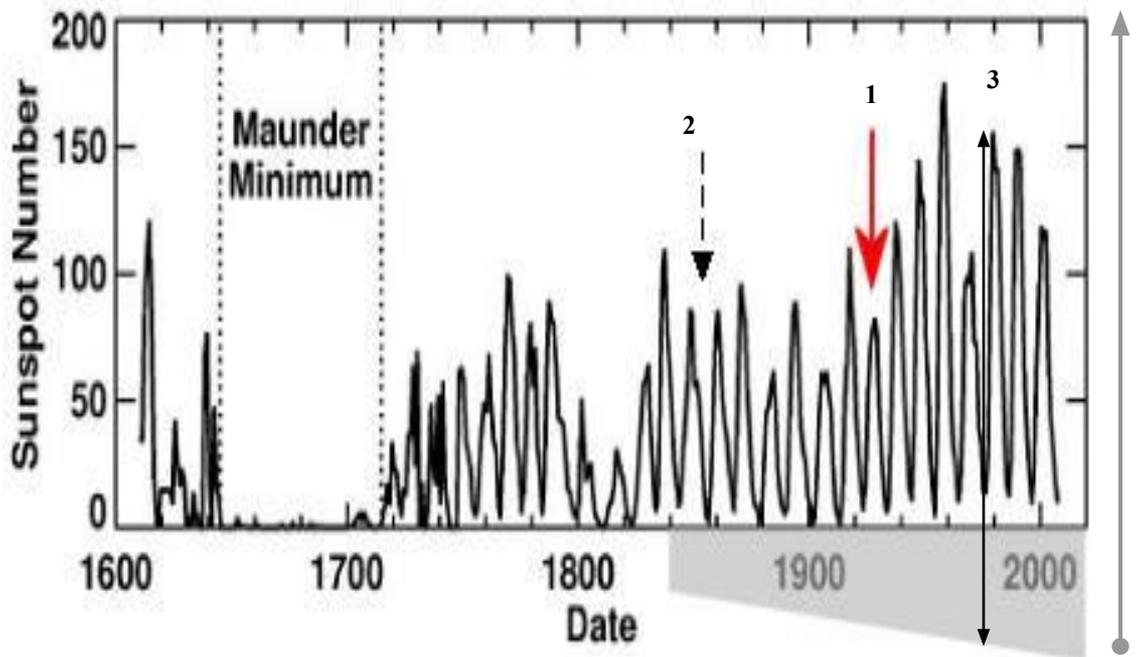
**Внутренние:**  
уменьшение напряженности и инверсия геомагнитного поля



# Что происходит с проблемой гелиогеомагнитной опасности в настоящее время?

Ученые полагают, что наступивший **24** Солнечный цикл будет подобен циклу, который достиг максимума в **1928**, отмеченный красной стрелкой **(1)**. Пунктирной стрелкой **(2)** показан максимум **1859** г., вызвавшей экстремальную бурю. По величине он сравним с предсказываемой активностью **2013** года. Качественно показано уменьшение напряженности геомагнитного поля – защитного экрана (порядка **0.1 %** в год), что адекватно увеличению на эту величину количества солнечной плазмы, достигающей поверхности Земли **(3)**. Последние исследования, проведенные учеными **NASA**, подтверждают, что в настоящее время происходит увеличение солнечной активности, пик которой прогнозируется на **2013** год, призывая Правительство США начать подготовку к возможным техногенным катастрофам **[Massive space storms forecast as sun awakens from «deep slumber» Daily Mail**

Reporter 14.06.2010].



Напряженность геомагнитного поля  
(не в масштабе)

## Оценка возможных экономических потерь от гелиогеомагнитных опасностей.

Наиболее показательным в плане экономического управления надежностью электроснабжения является опыт США. В основу механизма управления надежностью в США закладываются ответы на три вопроса:

- ущерб экономике от ненадежного электроснабжения;
- стоимость надежности сегодня и в будущем;
- надежность с точки зрения потребителя и управление возникающими рисками.

Оценки экономических годовых потерь для Канады и севера США от электромагнитного воздействия геомагнитных бурь различной мощности оценивается от **1** миллиона до **23** миллиардов долларов США. По этой проблеме в **2008** г. выпущен доклад американской Академией наук (**NAS**) и НАСА (**NASA**) «Угрозы космической погоды: социальные и экономические последствия». В исследованиях, в частности показано, что если произойдет магнитная буря аналогичная той, которая произошла в мае **1921** года, то только на территории США она выведет из строя до **350** ключевых трансформаторов на электроподстанциях, снабжающих электроэнергией **130** млн. человек, а стоимость ликвидации последствий составит от **1** до **2** трлн. \$ в год в течение до **10** лет, а буря подобная событию **1859** года могла бы обесточить всю планету, причем на десятки лет, а может и навсегда, так как запустить

производство вышедших из строя электрических агрегатов станет невозможным



# К чему может привести отключение электроэнергии в РФ и странах СНГ?

- **1.** Система управления страной в существующем виде через системы управления и связи будет разрушена. На защищенных командных пунктах управления разных уровней резервные мощности позволят осуществлять электроснабжение еще **1-2** месяца, однако связь прервется сразу, причем ее восстановление даже по упрощенным схемам будет чрезвычайно проблематичным.
- **2.** Добыча, переработка и передача по трубопроводам нефти и газа будет остановлена, либо снижена в разы.
- **3.** Железные дороги в электрифицированном варианте будут остановлены. Перевод на тепловую тягу возможен в ограниченном объеме на ограниченное (в связи с недостатком топлива) время.
- **4.** Автомобильные перевозки будут ограничены в разы и смогут с трудом функционировать ограниченное время.
- **5.** Промышленное производство будет остановлено полностью, в том числе и по номенклатуре изделий, необходимых для восстановительных работ в системах энергетики.
- **6.** Войсковые части в короткие сроки потеряют боеспособность, возможность оказывать помощь населению в спасении, и органам управления – в поддержании хотя бы минимального порядка. Сбои электроэнергии могут привести к выводу из строя систем ракетного ядерного оружия, как это было на базе «Уоррен» в штате Вайоминг США **23.10.2010**г.
- **7.** Все химически опасные объекты, в том числе повсеместно имеющиеся с аммиаком и хлором, находящимися под давлением, приходят в аварийное состояние, управлять которым невозможно – угроза повсеместных химических катастроф.
- **8.** Использование многоэтажного жилого фонда, главным образом в мегаполисах и крупных городах становится невозможным – останавливаются лифты, размораживаются системы отопления, водоснабжения, канализация.
- **9.** Метрополитены останавливаются. Какое-то время (**1-2** месяца) их еще можно использовать в качестве убежищ, работающих на ограниченных запасах топлива резервных систем.
- **10.** Больницы прекращают работу.
- **11.** Социальные последствия даже трудно себе представить: десятки миллионов людей, пытаясь спасти свои семьи, приходят в движение, перемещаясь в сторону садовых и дачных участков, которые уже могут быть заняты теми, кто подошел раньше и т.д.

# Что происходит с гелиогеомагнитной опасностью в настоящее время?

- В мае **2009** международная группа экспертов во главе с Национальным управлением по исследованию океанов и атмосферы (**National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**) и спонсируемая Национальным агентством по авиации и исследованию космического пространства (**National Aeronautics and Space Administration (NASA)**), выпустила предсказание для **24** солнечного цикла, что он достигнет максимума в мае **2013**, а по уровню будет сравним с циклом, вызвавшим супербурю в **1859** году.
- Исследования, проведенные учеными **NASA** в **2010** году, подтверждают, что пик солнечной активности прогнозируется на **2013** год, призвав Правительство США начать подготовку к возможным техногенным катастрофам [**Massive space storms forecast as sun awakens from «deep slumber» Daily Mail Reporter 14.06.2010**].
- Совсем недавно о важности и опасности возрастающей солнечной активности были предупреждены власти Великобритании главным ученым Правительства. Министры Великобритании готовятся встретить сильнейшую за последние **150** лет вспышку на Солнце. Она может произойти в ближайшие **18** месяцев, а по силе будет сравнима с бурей **1859** года, и оставить часть страны без электричества на несколько месяцев.

# Blast from sun may shut down Britain

The national grid is being reinforced against a looming solar storm, writes Marie Woolf

MINISTERS are preparing to invoke emergency powers to turn off the nation's electricity in a bid to shield Britain from the worst effects of the biggest solar flare for 150 years.

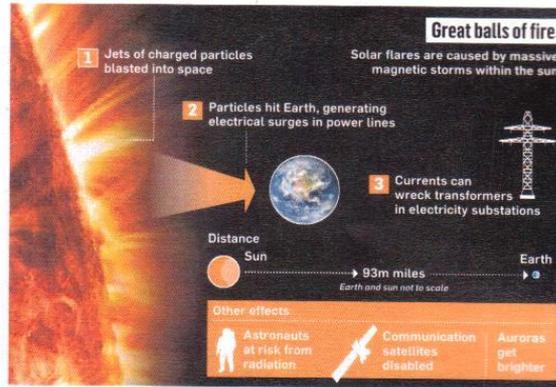
They have been warned that a massive surge of energy from the sun could hit the Earth within the next 18 months. In a worst-case scenario, it could blow out the national grid and leave parts of the country without electricity for months.

The most extreme form of solar storm could knock out computers and the banking system, throw satellites off course and disrupt GPS technology.

Scientists have warned that the UK could be disabled by a solar flare five times more powerful than one in 1989 that plunged 6m people in Quebec into darkness and caused power disruption as far afield as California.

Chris Huhne, the energy secretary, is so worried about the prospect of a category five solar storm — the most severe — that he has told officials to work with Washington to draw up emergency plans.

Turning off the national grid, causing temporary blackouts, may protect it from permanent damage. Ministers are also looking to upgrade power line transformers to make them resilient to solar attack.



Huhne said: "The latest scientific research raises the possibility of a severe event with the potential to hit many parts of the grid simultaneously."

"That is why the Department of Energy and Climate Change is working with the national grid and experts from the UK and US to consider developing better hardware and early warning systems to guard against potential risk from such an event."

Sir John Beddington, the government's chief scientist, has been advising Huhne about a huge ejection of force from the sun. It could attack not only Britain's lights, but its computer, navigational and defence systems.

A geomagnetic storm, caused when solar particles hit the Earth's magnetic field, would emit so much radiation that astronauts in space could be exposed to lethal levels. One contingency plan is to alter the flight paths of aircraft and fly

them at lower altitudes to reduce exposure to radiation.

The emission of billions of charged particles towards the Earth would also cause red, green and purple auroras — usually only seen at the Earth's poles — around the globe.

The first recorded solar flare, known as the Carrington Event, took place on September 1, 1859. Richard Carrington, an astronomer, had been observing sunspots when two balls of blinding white light appeared over them — a magnetic explosion on the sun.

The electric currents produced by the storm were so strong that telegraph systems worldwide experienced power surges, setting the telegraph paper on fire. So powerful was the electromagnetic force that messages were still able to be transmitted, even after operators disconnected the batteries powering the lines.

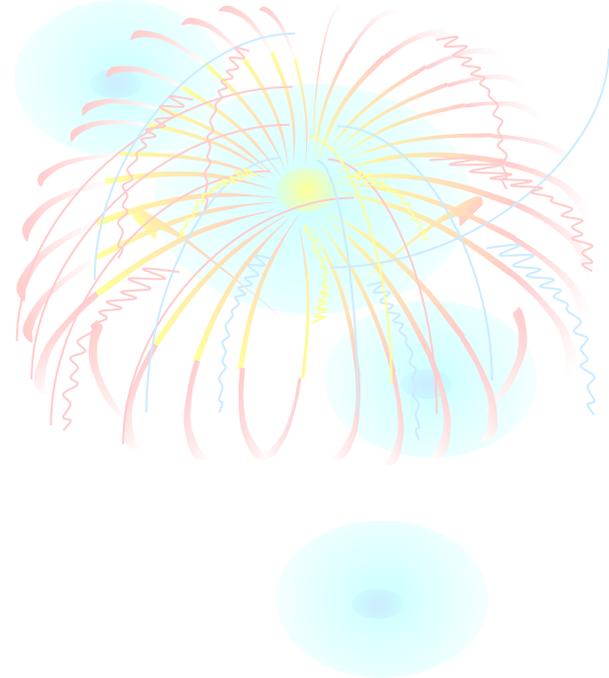
The solar flare of 1989 was smaller but the storm knocked

spacecraft into different orbits, causing ground controllers at Nasa to lose contact with them.

Experts are issuing warnings about a class five storm, on a par with the 1859 event, may hit the Earth in 2012/13 as the sun reaches an active stage in its cycle.

The British Geological Survey is drawing up scenarios for ministers, including for a huge magnetic storm. A solar flare could reach the Earth within minutes, followed by a more damaging mass ejection of energy that could take two to three days to hit. This would give time for emergency plans to kick in.

The Met Office is teaming up with the US to create a 24 hour prediction centre. "At the moment there isn't a UK forecasting capability for this," said a spokesman. "We are collaborating with the US weather authorities to focus on forecasting and how to deal with the impact on the UK's infrastructure of a solar flare."



## – Как эта проблема решается в мире?

После бури в **1989** году, проблемой влияния космической погоды в США вплотную стали заниматься на всех уровнях. В **1994** году была создана Межведомственная национальная программа по космической погоде (**The National Space Weather Program (NSWP)**). Одной из действующих программ является проект Солнечный Щит (**Solar Shield**), совместный проект НАСА и Исследовательского института Электроэнергии **EPRI**.

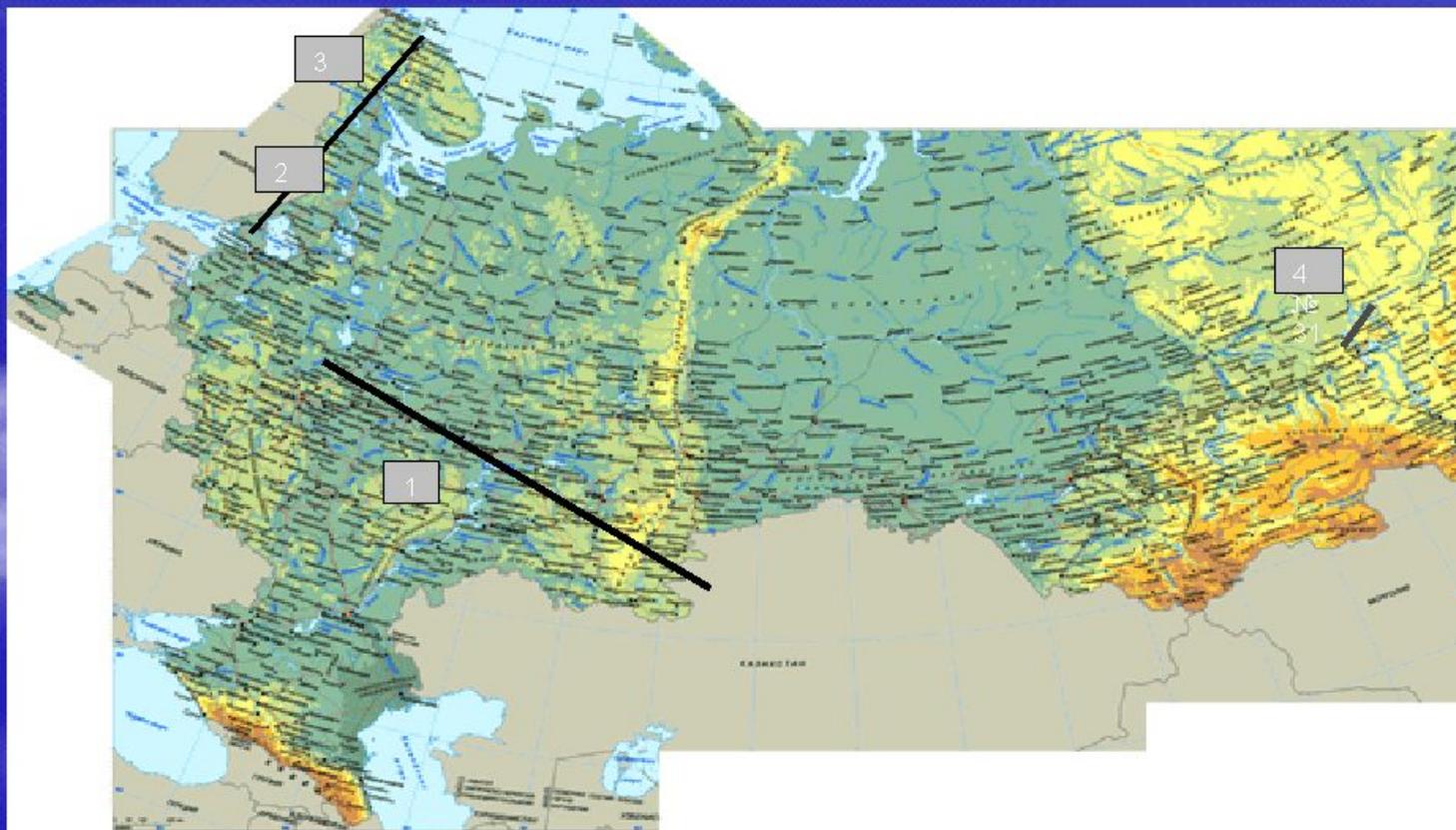
В докладе по результатам рабочего совещания, проведенного **NERC** (Северо-Американский совет по надежности) и **U.S. DOE** (Департамент энергетики) в **2009** г., воздействия солнечных возмущений на единые энергосистемы относятся к редким событиям, имеющим, ... катастрофические последствия как в экономическом, так и в социальном плане. Доклад, одобренный управляющим комитетом (**BOB NERC**) в **2010** г., содержит рекомендации по развитию исследований, в том числе по организации мониторинга воздействий геомагнитных возмущений (**ГМБ**) на энергосистемы, прогноза возникновения, оценки опасности и выработке мер по защите энергосистем **[\*]**.

Для организация системы безопасности Европейских электроэнергетических сетей от воздействия мировых геомагнитных бурь реализуется программа **EURISGIC**, направленная на исследование воздействия этих возмущений на энергосистемы и разработку системы прогноза и предупреждения производителей и потребителей электроэнергии о возможной опасности. Занимаются этой проблемой по всему миру: от Канады и Финляндии, до Южной Африки и Австралии, занимаются и в более южных странах, в частности в Китае. Так мониторинг ГИТ на атомной станции в Лингао, Китай, показал, что во время геомагнитных возмущений **7-9** ноября **2004** г. пиковые значения ГИТ достигали **75,5А**. И это при том, что станция находится южнее Северного тропика (**230 26' 22"**). (Для сравнения Кольская атомная станция находится на широте **670 21' 57"**).

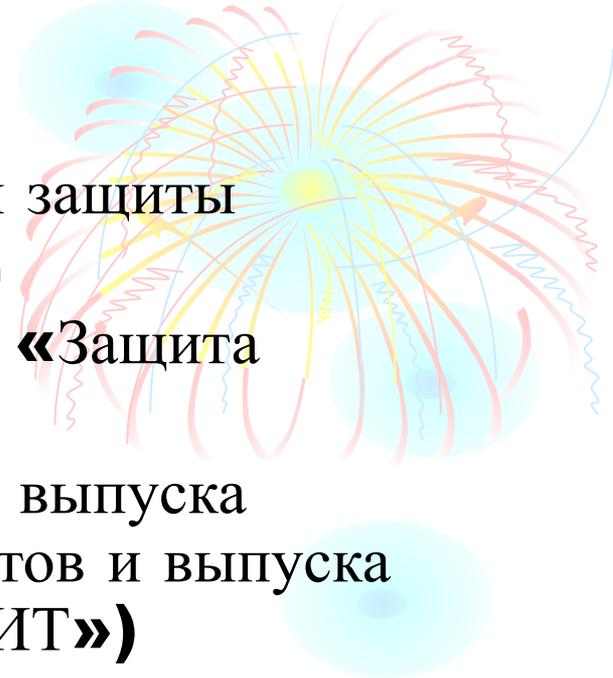
В Российских нормативных документах воздействия факторов, связанных с геомагнитными бурями на работоспособность ЭЭС и качество электроэнергии не рассматриваются, при проектировании систем не учитываются и при оценке рисков бесперебойной работы во внимание не принимаются, системы мониторинга не проводится.

**[\*]High-Impact, Low-Frequency Event Risk to the North American Bulk Power System, A Jointly-Commissioned Summary Report of the North American Electric Reliability Corporation and the U.S. Department of Energy's November 2009 Workshop, 2010**

- На первом этапе разработка и проведение 3-4 пилотных проектов:
1. Пилотный проект №1 (Центр – Урал (Москва-Владимир-Арзамас-Бугульма-Кустанай));
  2. Пилотный проект №2 (Мурманск – Кандалакша – Петрозаводск - Санкт-Петербург) или фрагмент Мурманск-Оленегорск-Мончегорск-Кольская АЭС;
  3. Пилотный проект №3 (Кольская АЭС );
  4. Пилотный проект №4 (Электростанции и сети Сибири – Братская ГЭС-Усть-Илимская ГЭС).



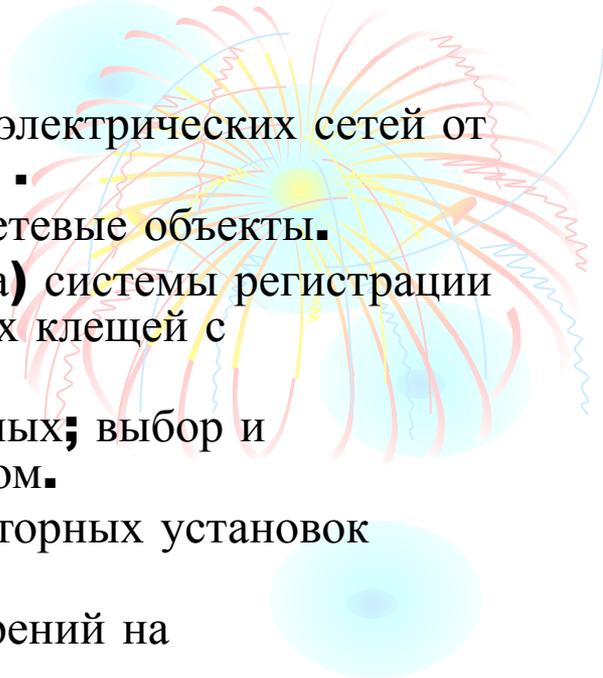
- Кроме этого предполагается:
- **1.**Проведение НИОКР «Основы системы защиты электрических станций и сетей от ГИТ».
- **2.** Разработка и начало реализации ФЦП «Защита энергетики от ГИТ».
- На втором и последующих этапах (после выпуска необходимых распорядительных документов и выпуска ФЦП «Защита объектов энергетики от ГИТ») предусматривается завершение работ по системе защиты для электрических станций и сетей, а также разработка и проведение аналогичных работ по другим объектам энергетики связи и транспорта (нефте-, газопроводы, железные дороги, системы управления и связи).

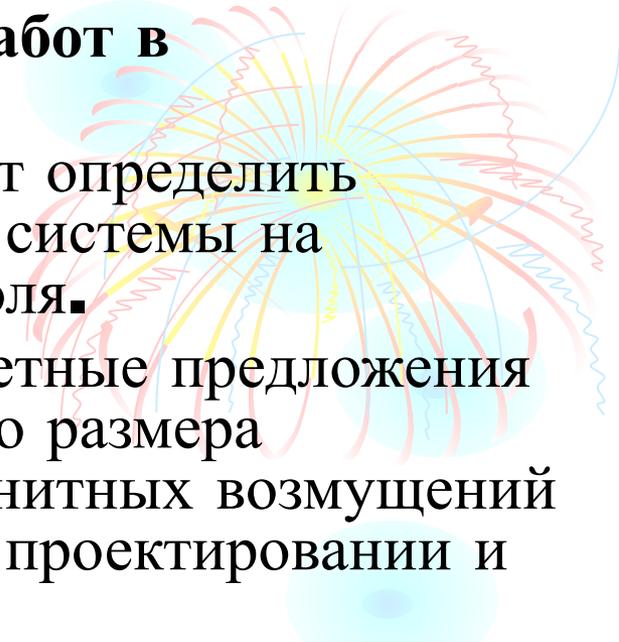


- **Пилотный проект № 1: «Мониторинг опасных гелиогеомагнитных возмущений и вызываемых ими геомагнитно-индуцированных токов в электрических сетях "ФСК ЕЭС" по трассе Центр-Урал; разработка предложений и создание устройств по защите от геомагнитно-индуцированных токов».** На основании этого проекта дана заявка на включение в Программу НИОКР ОАО «ФСК ЕЭС». Работа проводится в рамках: «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до **2020г.**», в которой отмечена необходимость «обеспечения национальной безопасности в энергетической сфере» (п.**60**).

## Задачи НИОКР.

- 1. Разработка концепции мониторинга и системы защиты электрических сетей от гелиогеомагнитных возмущений и генерируемых ими ГИТ .
- 2. Анализ вида и характера воздействий ГИТ на электросетевые объекты.
- 3. Разработка и изготовление **2** комплектов (по **2** датчика) системы регистрации ГИТ в нейтралях авто/трансформаторов на основе: токовых клещей с использованием эффекта Холла.
- 4. Организация системы сбора хранения и обработки данных; выбор и согласование размещения системы регистрации с заказчиком.
- 5. Разработка и изготовление **2**-х опытных силовых резисторных установок ограничителей тока в сетях **110-500** кВ.
- 6. Установка систем регистрации ГИТ и проведение измерений на автотрансформаторах линии.
- 7. Проведение непрерывной регистрации вариаций геомагнитного поля, скорости его изменения, обработка, сбор и передача данных в едином времени в различных режимах: раз в сутки, раз в час, в реальном времени. Получение прогностических данных.
- 8. Анализ результатов мониторинга и определение функции отклика энергетической системы на локальные возмущения геомагнитного поля.
- 9. Разработка конкретных предложений по снижению размера последствий от воздействий гелиогеомагнитных возмущений на электрические сети при их проектировании и эксплуатации.



- 
- **Конкретное применение результатов работ в деятельности Заказчика.**
  - **1.** Результаты мониторинга ГИТ позволят определить функции отклика электроэнергетической системы на локальные возмущения геомагнитного поля.
  - **2.** Будет разработана концепция и конкретные предложения на проведение мероприятий по снижению размера последствий от воздействий гелиогеомагнитных возмущений на электрические сети и станции при их проектировании и эксплуатации.
  - **3.** Будут разработаны и созданы установки ограничителей тока, уменьшающие значения ГИТ до безопасных размеров.
  - **4.** Результаты мониторинга ГИТ, гелиогеомагнитных возмущений и их прогноз позволит заблаговременно принять соответствующие мероприятия по уменьшению воздействия на электрические сети мощных геомагнитных бурь.

- **Состав кооперации организаций разработчиков комплекса.**
- 1. Рабочая группа «Риск и безопасность» при Президенте РАН;
- 2. Институт земного магнетизма им. Пушкова (ИЗМИ РАН);
- 3. Институт машиноведения РАН (ИМАШ РАН);
- 4. ОАО «Институт «Энергосетьпроект»,
- 5. Автономная некоммерческая организация «Ассоциация «Содействие защите населения» (АНО «АСЗН»);
- 6. Полярный геофизический институт Кольского научного центра Российской Академии наук (ПГИ КНЦ РАН);
- 7. Центр физико-технических проблем энергетики Севера (ЦФТПЭС КНЦ РАН).
- 8. Российская академия естественных наук (РАЕН).
- 9. ООО «Болид»

## ■ **Приложения.**

- 1. Сводоклад: Скопинцева В.А. ОАО «Институт «Энергосетьпроект» «Влияние геомагнитно-индуцированных токов на работу электрических сетей 220-750 кВ».
- 2. Сводоклад: Сахарова Я.А. Полярный геофизический институт «Регистрация воздействия геомагнитных возмущений на энергетические системы в проекте EURISGIC»
- 3. Сводоклад: Наумкина И.Е. ООО «Болид» «Об отечественной разработке токоограничительных устройств типа ТОУ-Н».
- 4. Заявка «Мониторинг опасных гелиогеомагнитных возмущений и вызываемых ими геомагнитно-индуцированных токов в электрических сетях "ФСК ЕЭС" по трассе Центр-Урал; разработка предложений и создание устройств по защите от геомагнитно-индуцированных токов» на включение в Программу НИОКР ОАО «ФСК ЕЭС».

# Заключение

Хотелось бы еще раз подчеркнуть огромное быстроедействие и чрезвычайную мощь рассматриваемой угрозы. По максимуму – это возвращение из индустриальной формы развития цивилизации, обратно в аграрную. На грань уничтожения будет поставлено большинство населения страны, особенно в мегаполисах в зимний сезон.

Отстранение от решения этой проблемы можно сравнить с игрой в «русскую рулетку», где в роли пистолета выступает Солнце. Мы призываем Вас, уважаемые коллеги, подключиться к решению этой острейшей проблемы уже сегодня и, в первую очередь, довести ее до сведения лиц, принимающих решения в институтах, акционерных обществах, компаниях, министерствах, Правительстве РФ.

В целом, решение этой проблемы согласуется с предложением Д.А.Медведева о необходимости создания международного механизма предотвращения и локализации техногенных и природных катастроф, «особенно если они приобретают трансграничное измерение», высказанное им после саммита БРИКС в Китае.

■ Спасибо за внимание