

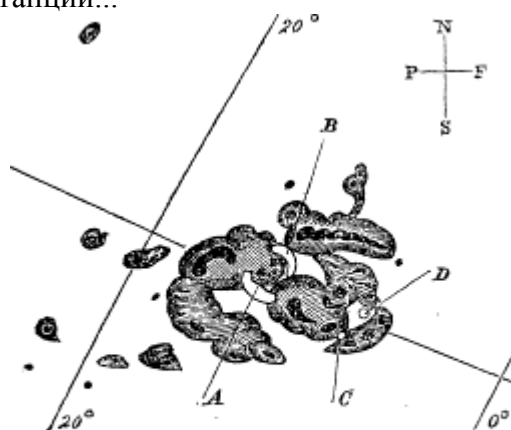
## Воздействие магнитных бурь на техносферу и эффект смещения северного магнитного полюса

Л.Л. Лазутин

Магнитные бури известны просвещенной публике главным образом в связи с их воздействием на сердечно-сосудистую систему. Воздействие действительно есть, но, во первых не такое уж смертельное — водка или нагоняй от начальства уносят больше человеческих жизней. Популярность этой темы объясняется тем, что совсем легко взять статистику болезней в ближайшем госпитале, скоррелировать с индексами магнитной активности — и статья готова.

На самом деле воздействие магнитных возмущений на биосферу — проблема серьезная, требующая тонких методов анализа. В решении этой проблемы отечественная наука стоит на передовом уровне. Начатая Б.Л. Чижевским [1], она продолжается Б.М. Владимирским [2] в КРАО и Т.К. Бреус в ИКИ. Уже известен и главный источник воздействия — пульсации магнитного поля.

**Воздействие на техносферу.** Воздействие магнитных бурь на технические объекты, иногда катастрофические, вызваны индукционным электрическим полем, возникающим при быстром изменении напряженности магнитного поля на Земле. Впервые ощутимые эффекты этого рода были отмечены во время сильной магнитной бури 1 сентября 1859 г., которую заслуженно связывают с именем английского астронома Кэррингтона. Кэррингтон изучал солнечные пятна. Он проектировал картинку пятен с телескопа на экран и зарисовывал из. В один прекрасный указанный выше день в группе пятен он увидел два ярких белых пятнышка, которые уже через несколько минут начали затухать и потухли. (рис 1) Белые пятнышки видели и раньше, но как то не обращали на них внимание. А на этот раз через сутки после того, как Кэррингтон наблюдал хромосферную вспышку, разразилась магнитная буря, которая по оценкам специалистов была самой мощной за прошедшие с того времени полтора столетия. В те дни еще не так много на Земле было электрических приборов, но разрушения были заметными — мощные токи вывели из строя телеграфные линии, сгорел трансформатор на электростанции...



Солнечная вспышка Кэррингтона  
1 сентября 1859 года

*Рис 1 Зарисовка Кэррингтона группы пятен и хромосферной вспышки 1.09.1839г.*

За прошедшие годы класс явлений «технические аварии, коррелирующие с космофизическими показателями» существенно вырос. Сообщения о них проще всего найти в интернете. Магнитная буря 24 марта 1940 вызвала нарушения в электроснабжении в

Новой Англии, Нью Йорке, Пенсильвании, Миннесоте, Квебеке и Онтарио. Перегрузка в 2600 вольт была зарегистрирована в Атлантическом кабеле между Шотландией и Ньюфаундлендом.

13 марта 1989г. мощная буря позволила миллионам людей любоваться полярными сияниями не только на Аляске или в Скандинавии, но и на побережье Средиземного моря и в Японии. Но эта буря года разрушила трансформатор на атомной станции в Салеме, Нью Джерси, США . Она же блокировала работу высоковольтной сети в Квебеке и на 9 часов оставила 6 млн. человек без электричества. После аварии в Селеме выяснилось, что даже небольшая добавка постоянного тока может вывести из строя трансформатор, предназначенный для преобразования переменного тока. Эта добавка вводит его в режим работы с избыточным магнитным насыщением сердечника, что приводит к перегреву обмоток и в конце концов к аварии всей системы.

Воздействие магнитных возмущений вызывается эдс, индуцированная вариацией магнитного поля. Наводимая разность потенциалов невелика и составляет примерно несколько вольт на километр (максимальное значение было зарегистрировано в 1940 году в Норвегии и составило около 50 В/км), но в протяженных проводниках с низким сопротивлением - линиях связи и электропередач, трубопроводах, рельсах железных дорог - полная сила индуцированных токов может достигать десятков и сотен ампер. Наибольшее воздействие испытывают электрические линии, протяженные с востока на запад в полярных районах.

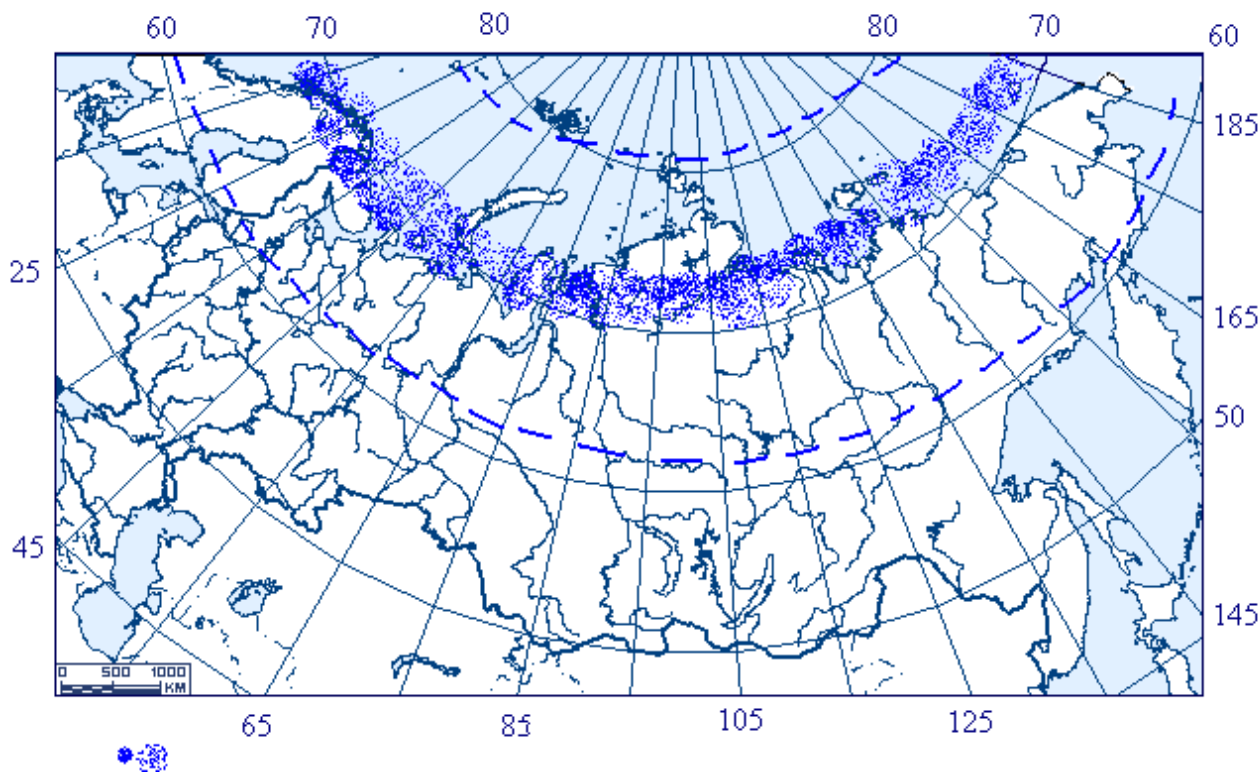
Американский совет по энергетической надежности поместил магнитные бури в марте 1989 и октябре 1991 в ту же категорию, что и ураган Хьюго и землетрясение в Сан Франциско по размеру урона, нанесенного национальной экономике.

**Роль суббурь (полярных бурь) .** Хотя считается, что описанные выше техногенные катастрофы вызываются магнитными бурями, на самом деле они вызываются полярными бурями - магнитосферными суббурями. Не будем вдаваться в подробности, набравшись терпения любознательный читатель сможет разобраться в них в нашей книге, выходящей в НИИЯФе МГУ [3]. Скажем только, что мировые магнитные бури вызываются поджатием магнитосферы мощным потоком скоростного солнечного ветра и приводят к образованию кольцевого тока вокруг Земли и как следствие — понижением напряженности магнитного поля в приэкваториальных районах. Полярные бури или суббури, гораздо более многочисленные, являются следствием взрывного высвобождения накопленной в магнитосфере энергии и также вызывают понижение напряженности магнитного поля преимущественно в приполюсных районах. Наводенное индукционное поле  $E \sim dB/dt$ , т.е. пропорционально величине и скорости изменения напряженности магнитного поля. У сильной магнитной бури вызванное кольцевым током понижение напряженности магнитного поля на Земле составляет 250-400 нТл. При этом падение напряженности продолжается от нескольких часов до суток. В то же время во время средней по мощности суббури магнитные бухтообразные возмущения магнитудой в 300-600 нТл развиваются за время от одной до десяти минут. В результате наводимая суббурей э.д.с. на два порядка выше чем вызванное кольцевым током сильной магнитной бури. Известно, например, что в августе 1972 г. магнитная буря была слабой (50 нТл), а авроральная активность высокой, в результате разрушился сетевой трансформатор в Британской Колумбии (авроральная зона Канады). Почему же именно глобальным магнитным бурям приписывается влияние на биосферу и техносферу? Дело в том, что во время магнитных бурь суббуревые магнитные бухты достигают магнитуды 1000-2000 нТл. Дополнительно значительные магнитные возмущения в авроральной и субавроральной области возникают и в момент прихода ударной волны солнечного ветра. Импульс SC вызывает на ночной стороне радиальный перенос к Земле и ускорение авроральных электронов с последующим сбросом в атмосферу, что также вызывает большие ионосферные токи.

Таким образом максимальное воздействие на техносферу должно наблюдаться на широтах

суббуравой активности, в авроральной зоне, что, собственно, и происходит.

**Авроральная зона** — полоса широт на которых регистрируются самые мощные магнитные возмущения и самые яркие полярные сияния (аврора — по английски и означает полярное сияние). В системе магнитных координат область широт с максимальной активностью полярных магнитных бурь представляет собой окружность на широте  $65-70^\circ$ , в центре которой находится магнитный полюс. Окружность несколько искажена, поскольку дипольное поле Земли не совсем чисто дипольное. Так как магнитный полюс смещен от географического в сторону Канады, авроральная зона в географической системе координат будет также смещена в сторону Северной Америки. Из-за этого смещения, кстати, число описанных техногенных катастроф в Канаде и США существенно больше, чем в Европе.



*Рис 2 Положение авроральной зоны над Россией. Пунктиром — возможные границы сдвига полярных возмущений во время мировых бурь.*

На рис 2 показано положение авроральной зоны в России и северной Европе. Видно, что она в основном проходит над Северным Ледовитым океаном, не затрагивая насыщенных техникой областей. Это одна из двух основных причин, по которым техногенные катастрофы в России практически не исследованы. Вторая причина — в том, что информация о технических нарушениях труднодоступна. На самом деле некоторое количество этих неприятностей наверняка имело место, потому что во время сильных магнитных бурь область возмущений существенно расширяется по широте, северная и южная границы появления полярных сияний сдвигаются как показано на рис 2 пунктиром [4]. Другое дело, если авроральная зона сместится в область повышенной индустриальной активности.

**Эффект смещения северного магнитного полюса** Измерения положения северного магнитного полюса Земли показывают, что полюс смещается от берегов Северной Канады в Ледовитый океан по направлению к Сибири. С 1973 по 1984 полюс сместился на 120 км, с 1984 по 1994 год — более 150 км. Скорость дрейфа нарастает с 10 км/год в 1970-х годах до

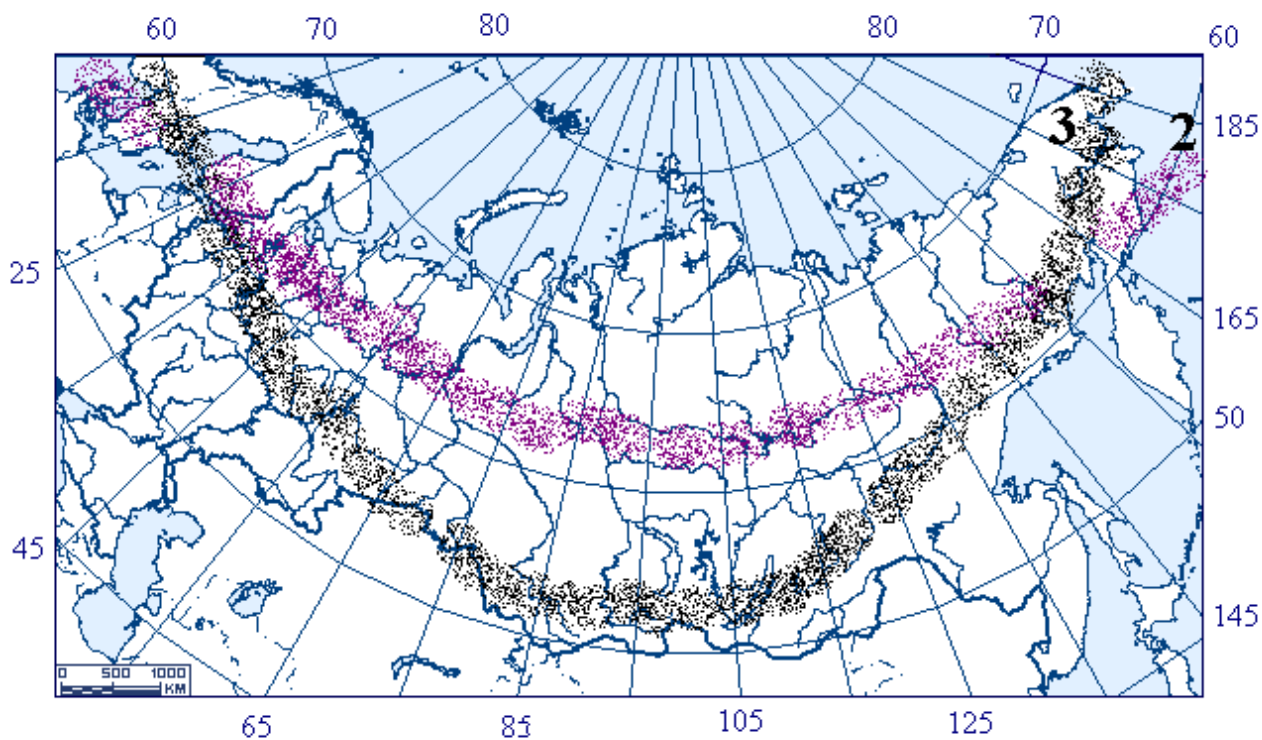
60 км/год в 2004 году.

Вокруг этого явления появилось немало смелых предположений о предстоящей переполусовке магнитного поля Земли с катастрофическими последствиями для земных обитателей и прочих смелых выводов вплоть до предсказаний конца света. Что не удивительно при нынешнем разгуле невежества.

Вместе с тем негоже уступать подиум гадалкам и прорицателям, одно очевидное последствие смещения магнитного полюса можно рассчитать и без их помощи.

При обозначавшейся тенденции смещения северного магнитного полюса в сторону Сибири, авроральная зона будет перемещаться в России к средним широтам, в США и Канаде — к северным. Это приведет к уменьшению числа и мощности техногенных последствий в западном полушарии и к увеличению — в восточном.

Для количественной оценки величины смещения авроральной зоны были проведены расчеты для двух новых положений северного магнитного полюса: первое при сдвиге магнитного полюса в точку полюса географического и второе - к северной оконечности Новой Земли. Для этих двух положений магнитного полюса находились новые географические координаты авроральной зоны. При этом считалось, что в первом приближении изменениями квадрупольных и более высоких составляющих магнитного поля Земли можно пренебречь.



*Рис 3. Рассчитанное положение авроральной зоны при сдвиге магнитного полюса к полюсу географическому и к северной оконечности Новой Земли.*

Результаты представлены на рис 3 в том же виде, что и на рис 2. Видно, что авроральная зона смещается на широту Петербурга на первой ступени сдвига и на широту Москвы и Байкала при сдвиге магнитного полюса до Новой Земли. Несомненно, угроза техногенных катастроф резко увеличится. Увеличится и воздействие на биосферу, так как и уровень магнитных пульсаций наибольший тоже в авроральной зоне.

Чтобы оценить количественно их вероятность, оценим уровень магнитной активности в авроральной зоне в разные годы 11-летнего цикла солнечной активности. В качестве

индикатора используем базу данных Кр-индекса, отражающего мощность магнитных возмущений за 3-часовые интервалы по 9-ти бальной шкале. Были взяты три интервала по три года - годы минимума, максимума и на склоне спада 11-летнего цикла солнечной активности. В первой колонке таблицы приведено число спокойных дней за каждые три года, таких дней, где все восемь значений Кр-индекса за данный день были ниже 3, во второй — дни со средним уровнем возмущенности, в третьей — число дней, когда хотя бы одно значение Кр-индекса попадало в область высокой активности ( $K_p = 6-9$ ). Видим, что в минимуме 11-летнего цикла солнечной активности половина дней спокойных, половина - с умеренной активностью, и только около 2% - с высокой активностью. В годы спада 11-летнего цикла активность растет, а в годы максимума почти половина дней имеет интервалы высокой магнитной активности, представляющие потенциальную опасность, и лишь 16% дней были спокойными. Реально техногенная опасность будет несколько ниже, поскольку в дневные часы амплитуда магнитных возмущений меньше, чем в ночные. Нет оснований предполагать, что указанное в таблице распределение сильно изменится в результате смещения полюсов и авроральной зоны: уровень активности определяется внешними факторами - магнитным полем, скоростью и давлением солнечного ветра.

Таким образом, смещение магнитного полюса в сторону Сибири принесет высокий уровень магнитной активности и, соответственно, техногенных последствий в средние широты России

Оценить более точно в какой степени, какие ожидаются последствия и как от них защититься — трудно без специального изучения проблемы. К сожалению, такой анализ в отечественной литературе отсутствует.

Предсказать, будет ли на самом деле такое смещение полюса, трудно, но и исключить нельзя, поэтому желательно провести исследования, позволяющие оценить, и снизить эффект воздействия магнитных возмущений.

Таблица. Число дней (процент) с указанным уровнем Кр в зависимости от фазы 11-летнего цикла

Годы	Кр 0-2	Кр 3-5	Кр 6-9
1999-2001 (максимум)	182 (16.6%)	467 (42.6%)	447 (40.8%)
2002-2004 (спад)	226 (20.6%)	754 (68.8%)	116 (10.6%)
2006-2008 (минимум)	545 (49.7%)	532 (48.6%)	19 (1.7%)

#### Литература

- 1 Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Наука. - 1973.
- 2 Владимирский Б.М., Темуриянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу. М.: изд. МНЭПУ.//2000.
3. Лазутин Л.Л. Мировые и полярные магнитные бури, НИИЯФ МГУ, 2012
4. Старков Г.В. Планетарная динамика аврорального свечения, сборник ПГИ "Физика околоземного космического пространства", т.1, Апатиты, 2000