

Геомагнитные помехи и их характеристики

А. Д. Андронников¹, М. А. Винокуров²
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
¹lynx_a@mail.ru, ²pomaximus@yandex.ru

Р. О. Ложкин
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
mrgomanspb@yandex.ru

А. М. Костроминов
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
triak@grozon.spb.ru

Аннотация. The article considers the history of observations of the influence of the solar wind on the health of people first, then, in the modern period, on technical objects, mainly electric power facilities. The characteristics of Geoelectromagnetic processes affecting electrical systems during solar storms are given.

Ключевые слова: solar storm; geomagnetic storm; geomagnetic induced currents; electricity system

I. ВВЕДЕНИЕ

Космическая погода является следствием взаимодействия Солнца, магнитного поля Земли и атмосферы. Такое взаимодействие может создавать геомагнитные бури или, как их ещё называют, солнечный шторм, которые оказывают влияние на человека и в целом на Землю. Последствия от таких явлений могут быть глобальными. Это связано с изменением магнитосферы земли, с попаданием геомагнитных индуцированных токов большой величины в системы энергоснабжения по линии электропередач, в системы железнодорожной автоматики телемеханики и связи через рельсовые цепи и кабели. В результате влияний космической погоды наблюдается ухудшение самочувствия у людей, возникают перерывы в электроснабжении, колебания напряжения, сбои и отказы электронного оборудования.

II. ГЕОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ

По мнению ученых [1], солнечные корональные дыры и корональные выбросы массы – это две основные категории солнечной активности, которые приводят к геомагнитным возмущениям на Земле. Корональные выбросы создают большую массу заряженных частиц солнечной энергии, которые высвобождаются из солнечной короны и достигают Земли. Эти высокоэнергетические частицы состоят из электронов, а также ионов короны и ионов солнечного ветра.

Движущиеся с высокой скоростью заряженные частицы из корональных выбросов взаимодействуют с ионосферой Земли и формируют ионосферные токи, величина которых составляет миллионы ампер, которые создают собственное магнитное поле. Оно изменяет геомагнитное поле Земли, а также индуцирует токи в

проводящих средах на поверхности Земли. Значительные по протяженности проводящие конструкции (линии электропередач, металлические трубопроводы, кабели, железнодорожные пути и т.п.) могут действовать как антенны, наведенные токи в которых способны нарушать нормальную эксплуатацию объектов связи, электроэнергетики, транспорта и др.

III. ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ЧЕЛОВЕКА

Известно про негативное воздействие солнечного ветра на самочувствие людей, которое может ухудшаться до, во время и после геомагнитной активности. Благодаря проведенным в России исследованиям влияния космической погоды на человека выявлено, что в условиях крайнего Севера, где эффекты космической погоды наиболее сильны, происходит дестабилизация состояния организма [2]. Отмечаются отклонения от норм в показателях сердечно-сосудистой системы, проявление психопарадоксальных реакций, (психические расстройства и расстройства поведения, в том числе депрессии), снижение иммунной системы.

Установлено, что во время усиления геомагнитной активности у большинства обследуемых повышалось давление, психоэмоциональное напряжение, обострялись обструктивные бронхиты.

Также было выявлено, что через 24 часа после окончания магнитных бурь, существует следовой эффект магнитных бурь. Через 48 часов после магнитных бурь все гемодинамические показатели возвратились к исходному уровню в магнито-спокойные дни.

IV. ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ОБЪЕКТЫ СВЯЗИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Влияние космической погоды и, в частности, солнечного ветра испытали на себе объекты электроэнергетики. Ниже приведены примеры таких событий [1].

Крупнейшим зафиксированным событием геомагнитных возмущений было событие Каррингтона 1859 года. С 28 августа по 2 сентября на Солнце наблюдались многочисленные пятна и вспышки. Сразу

после полудня 1 сентября британский астроном Ричард Кэррингтон наблюдал наибольшую вспышку, которая вызвала крупный корональный выброс массы. Он устремился к Земле и достиг её через 18 часов, что очень быстро, так как это расстояние обычно проходит выбросом за 3–4 дня. Выброс двигался так быстро потому, что предыдущие выбросы расчистили ему путь. 1–2 сентября началась крупнейшая за всю историю регистрации геомагнитная буря, вызвавшая отказ телеграфных систем по всей Европе и Северной Америке. Солнечные возмущения дали широко наблюдаемое северное сияние.

13 мая 1921 года астрономы заметили огромное пятно на Солнце радиусом примерно в 150 тысяч километров. 14–15 мая 1921 года жители Европы и Северной Америки наблюдали северное сияние. Самая низкая широта, до которой оно достигало, составляла 40 градусов. 15 мая последовала геомагнитная буря, которая около полуночи привела к остановке телеграфного сообщения в США на линиях от Атлантического побережья до реки Миссисипи. Телеграфное сообщение было нарушено и в городах на северо-западе США. Некоторые кабельные и телеграфные линии на Аляску не функционировали во время солнечного шторма.

13 марта 1989 года сильная геомагнитная буря, вызвавшая внезапное существенное изменение магнитного поля Земли, привело к отключению системы Hydro-Quebec (система Hydro-Quebec – канадская государственная компания, отвечающая за производство, транспортировку и сбыт электроэнергии в Квебеке). В результате около 6 миллионов человек остались без тепла и света почти на сутки. Падение напряжения и соответствующее отключение сети Hydro-Quebec было вызвано воздействием гармоник в результате полупериодного насыщения силовых трансформаторов. Непредвиденное отключение нескольких статических компенсаторов реактивной мощности и соответствующее разделение системы были основными причинами проблем, которые возникли во время геомагнитного волнения. Повреждение оборудования произошло в результате временного перенапряжения в электросистеме, вызванного сбросом нагрузки, а не непосредственно потоком геомагнитного индуцированного тока.

Семнадцать крупных вспышек вспыхнули на солнце в период с 19 октября 2003 года по 5 ноября 2003 года (часто называемые Солнечными бурями Хэллоуина 2003 года). Из-за ухудшения связи в полярных регионах и из-за обеспокоенности по поводу увеличения радиационного облучения существенно пострадали маршруты и графики авиатранспорта. Воздействие геомагнитного индуцированного тока было более значительным в Северной Европе. 30 октября 2003 года трёхфазный трансформатор большой мощности в энергосистеме на юге Швеции подвергся воздействию геомагнитного индуцированного тока величиной 330 ампер, в результате чего произошло отключение высоковольтной линии 130 кВ.

Анализ, проведенный в работе [1], показал, что степень воздействия солнечного шторма на системы энергоснабжения и подключенное оборудование зависит от следующих факторов:

- величины магнитного поля и его ориентация;
- географической широты;
- ориентации, сопротивления и длины линий передачи;
- геологических особенностей местности, включая электропроводность почвы;
- близости к морской акватории или крупным водоемам;
- проектных решений энергосистем и выбранного оборудования.

V. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Характеристики геомагнитных возмущений принято измерять индексами активности, фиксирующими изменения магнитного поля [3].

«Кр», вероятно, является наиболее широко используемым магнитным индексом. Шкала была разработана, как общая мера магнитной активности на основе значений, измеренных в обсерваториях по всему миру. Однако обсерватории расположены на разных широтах, поэтому они испытывают возмущения разных амплитуд и могут предоставить свои значения индекса К. Далее происходит корректировка индекса К с учетом широты, результатом которой будет полученное значение глобального индекса Кр. Диапазон значений этого индекса от 0 до 9.

Для описания геомагнитного шторма также используется шкала индекса G, введенного Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA) в 1999 году. G-индекс характеризует интенсивность геомагнитного шторма по воздействию магнитного поля Земли на людей, животных, электротехнику, связь, навигацию и т.д. По этой шкале магнитные бури подразделяются на уровни от G1 (слабые бури) до G5 (экстремально сильные бури). G-индекс определённым образом соответствует индексу Кр: G1 соответствует Кр=5, G2–Кр=6, G5–Кр=9. Уровни индекса Кр от нуля до четырёх находятся ниже уровней геомагнитного шторма и считаются событием с индексом G0.

В соответствии с этими индексами описывается эффект от геомагнитного шторма:

- Экстремально сильный (Кр=9; G 5) – для системы электроснабжения характерны перепады напряжения, сбой защитных систем, повреждения трансформаторов; наблюдается ухудшение точности спутниковых систем навигации, на несколько часов выходит из строя низкочастотная радио-навигация, геомагнитные индуцированные токи достигают значений сотен ампер; полярные сияния видны вплоть до экватора;

- Очень сильный ($K_p=8$; $G 4$) – возможны проблемы со стабильностью напряжения, частичные разрушения энергетических систем и отключение защитных систем; наблюдается ухудшение спутниковой навигации на несколько часов, отказ низкочастотной радионавигации, наведенные токи требуют мер защиты; полярные сияния видны до тропиков.
- Сильный ($K_p=7$; $G 3$) – для системы электроснабжения необходима коррекция напряжения, ложные срабатывания систем защиты и высокий «газ в масле» в масляных трансформаторах; наблюдаются перерывы в спутниковой навигации и проблемы низкочастотной радионавигации, прерывания ВЧ радиосвязи; полярные сияния видны до средних широт.
- Умеренный ($K_p=6$; $G 2$) – возможны влияния на системы электроснабжения, расположенные на высоких широтах; наблюдается ухудшение распространения ВЧ радиоволн на высоких широтах; полярные сияния видны до широты 50 градусов.
- Слабый ($K_p=5$; $G 1$) – характерны слабые флуктуации в системах электроснабжения; полярные сияния видны на высоких широтах (до 60 градусов).

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Космическая погода и, в частности, солнечный ветер оказывают негативное влияние не только на здоровье людей и их самочувствие, но и на современные жизненно важные технические системы (объекты электроэнергетики, транспорта, связи и др.) Последствия таких воздействий наносят весьма ощутимый ущерб (см., например, Канада, 1989 г.). Поэтому актуальными являются обобщение имеющихся исследований в этой области и использование полученных результатов для прогнозирования рисков геомагнитных влияний на сеть железнодорожного транспорта Российской Федерации, объекты которой расположены в северных широтах Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] NERC. Special Reliability Assessment Interim Report: Effects of Geomagnetic Disturbances on the Bulk Power System, 2012. 150 с.
- [2] Зайцев А.Н. Комическая среда вокруг нас. Троицк: Трават, 2005. 231 с.
- [3] Шкала геомагнитных бурь. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.contenton.ru/geo-timeline/shkala-geomagnitny-buri.html> (дата обращения: 29.02.2020).