

## МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ НИЗКОЧАСТОТНОГО ТЕХНОГЕННОГО МАГНИТНОГО ШУМА В г. КИЕВ

В данной публикации изложены результаты исследований переменного магнитного поля техногенного происхождения в г. Киев. Впервые экспериментально исследована техногенная составляющая магнитного поля в частотном диапазоне  $10^{-6}$  Hz – 1 Hz. Показано, что источники техногенных вариаций величиной в десятки и сотни нанотесл имеют в большинстве случаев электрический и ферромагнитный характер. Суточная ритмика техногенных источников обуславливается рабочим режимом людей и производства.

**Ключевые слова:** мониторинг; магнитные вариации; техногенный магнитный шум.

### Введение

В ряде публикаций приведены данные о влиянии постоянного магнитного поля, а также его вариаций в широком диапазоне частот на живые организмы, в общем, и жизнедеятельность человека, в частности [Павлович и др., 1991; Орлюк, 2001; Белокриницкий, 2009]. Общеизвестно, что в крупных мегаполисах природное магнитное поле Земли существенным образом дополняется техногенной составляющей от разных источников постоянного и переменного характера [Орлюк, Роменец, 2004]. К постоянным источникам относятся разнообразные технические сооружения (здания, производственные помещения, мосты, дороги и т.д.). Внутри зданий источниками техногенного искажения являются ферромагнитные элементы железобетонных конструкций (стен, пола, межэтажных перекрытий), а также отопительных и сантехнических сетей [Орлюк, Роменец, 2004; Резинкина и др., 2009].

### Объект исследований

Переменное магнитное (электромагнитное) поле природного и техногенного происхождения изменяется в пределах  $10^{-6}$  Hz – 10 GHz [[www.gigagertz-solutions.com](http://www.gigagertz-solutions.com)]. Наибольший вклад в техногенный электромагнитный шум на низких частотах (0,5 Hz – 400 KHz) естественно вносится основными потребителями электрического тока промышленной частоты [Тягунов, 2011]. Наименее исследованными в экспериментальном отношении, при этом, остаются техногенные источники на частотах  $10^{-6}$  Hz–1 Hz. Заметим, что в этом диапазоне частот производится запись вариаций магнитного поля Земли в магнитных обсерваториях, что позволяет выполнить их сравнительную характеристику. Поэтому представляется весьма актуальным изучение техногенной составляющей магнитного поля на этих частотах, которое может быть связано с движущимися ферромагнитными и электрическими источниками (машины, трамваи, троллейбусы, электрички, электропоезда метро и т.д.), а также некоторыми производственными процессами, использующими оборудование на постоянном токе и т.д.

### Аппаратура и методика измерений

Для изучения техногенной компоненты поля использовалась серийная аппаратура ЛФ ИКИ

НАН Украины – магнитовариационная станция Lemi-008 [Корепанов та ін., 1999]. Данный прибор измеряет ортогональные компоненты магнитного поля с общим диапазоном измерений поля  $\pm 65$  мкТл и вариаций –  $\pm 2,5$  мкТл. Такой диапазон измерений не позволяет исследовать более интенсивные техногенные источники, поэтому для грубой их оценки был применен портативный магнитометр на базе операционной системы Android. Данный магнитометр имеет в своем составе, в качестве измерителя, блок магниторезисторов (принцип изменения сопротивления от положения в пространстве) или элементы Холла.

Для измерений с помощью Lemi-008 применялась стандартная методика наблюдений вариаций магнитного поля Земли, а именно, прибор устанавливался в определенном пункте с ориентацией датчика на магнитный север и регистрировались  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  – компоненты магнитного поля с интервалом 1 с.

С помощью программного обеспечения MagneticSolution на базе Android измерения магнитного поля выполнялись в движении с регистрацией магнитного поля в мкТл и дальнейшей графической визуализацией путем несложных преобразований числовых данных.

### Результаты исследований

Измерения вариаций магнитного поля выполнены в 6 пунктах, распределенных более-менее равномерно в пределах территории г. Киева в производственных и подсобных помещениях на проспекте Палладина, улицах Фрунзе, Гарматная, Боженка, Большая Окружная и Васильковская. Рассмотрим некоторые из них.

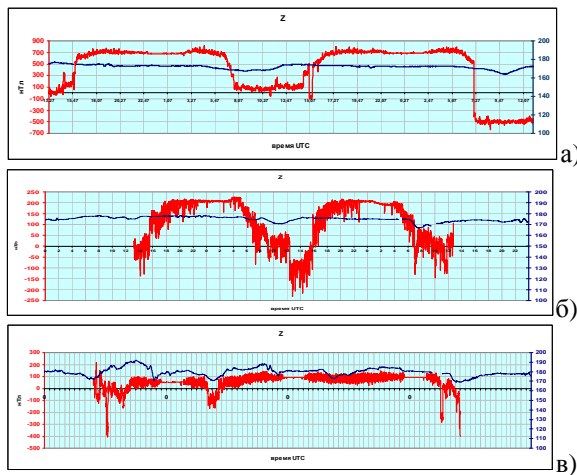
При анализе техногенной составляющей магнитного поля исследовалась вертикальная составляющая магнитной индукции  $V_z$ . Она максимально чувствительна к техногенной помехе.

Регистрация магнитных вариаций в пунктах наблюдений проводилась в ноябре-декабре 2012 г.–январе-феврале 2013 г. на протяжении 2-х–3-х суток в каждом из них.

### Пункт 1 (ул. Фрунзе)

27.11.2012–29.11.2012. Проведенные измерения вариаций магнитного поля показали наличие помех разного характера и периодичности (рис.2, а). Срав-

нительная характеристика с вариациями по данным (ГО) “Киев” (как правило, они изменяются в пределах первых десятков нанотесл) показывает наличие трех периодов отклонений магнитного поля от нормы (здесь и далее указано время UTC): 27.11.2012: с 13.27 (начало измерений) до 16.30 – ~ 700 нТл; 28.11.2012: с 6.30 до 16.30 – ~ 800 нТл; 29.11.2012: с 6.30 до 13.04 (конец измерений) – ~ 1000 нТл. Судя по характерному виду кривой  $B_Z$ -компоненты (красная) помеха имеет, вероятнее всего, электрический характер.



**Рис. 1.** Графики вариаций  $B_Z$ -компоненты магнитного поля в исследуемых пунктах г.Киева (красная кривая): а) – ул. Фрунзе; б) – ул. Боженка; в) – ул. Васильковская

На протяжении всего периода измерений  $B_Z$ -компонента имеет пилообразный вид, что свидетельствует о наличии постоянных механических или электромагнитных вибраций, вызванных, вероятнее всего, движением автомобилей и наличием действующей трамвайной линии. Обнаруженные возмущения (до 300÷500 нТл) магнитного поля, связанные, как выяснилось в последствии, с помехами от шиферного производства, а, точнее, от запуска печей для обжига. Следовательно, нахождение вблизи подобного производства дает постоянное достаточно интенсивное искажение магнитного поля, в десятки раз превосходящее по интенсивности возмущения при магнитной буре.

**Пункт 2 (ул. Боженка)**

09.01.2013-11.01.2013. Существенные отклонения от вариаций на обсерватории наблюдаются (рис.2, б): 09.01.2013: с 13.13 (начало измерений) до 22.45 – ~ 350 нТл; 10.01.2013: с 3.40 до 22.45 – ~ 450 нТл; 11.01.2013: с 3.40 до 12.47 (конец измерений) – ~350 нТл. Четко выделяются 3 периода возмущений магнитного поля. График изменения  $B_Z$ -компоненты имеет пилообразный синусоидальный вид (максимум отклонения от “нормы” приходится на ~13.00~13.30), что свидетельствует о наличии постоянных электромагнитных помех, вызванных, вероятнее всего, работой ка-

кой-либо аппаратуры (измерения проводились в институте Патона). Близость интенсивных транспортных потоков (ул. Боженка и ул. Федорова) также влияют на общий характер протекания помех. Как и в предыдущих случаях, зарегистрированы высокоинтенсивные (до 100÷150 нТл) высокочастотные возмущения магнитного поля. Также выделяются периоды (преимущественно ночное время: ~22.45~3.40) когда магнитное поле имеет, в основном, спокойный характер.

**Пункт 3 (ул. Васильковская)**

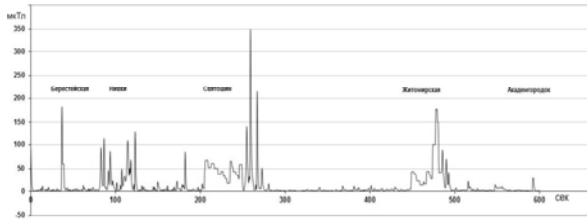
22.02.2013-25.02.2013. Наибольшие вариации техногенного происхождения наблюдаются в следующих интервалах (рис. 2, в): 22.02.2013: с 09.37 (начало измерений) до 23.10 – ~ 600 нТл; 23.02.2013: с 03.20 до 23.10 – ~ 250 нТл; 24.02.2013: с 03.20 до 23.10 – ~ 80-100 нТл; 25.02.2013: с 03.20 до 10.00 (конец измерений)– ~ 550 нТл. Следует отметить, что аномальные значения в период 23-24 февраля (выходные дни) несколько ниже, чем 22 и 25 февраля. Указанные промежутки имеют четкую периодичность, что позволяет предположить регулярный характер их возникновения (вероятнее всего, – это эффект от метро). В периоды 22-23.02.2013 (~23.10-3.20), 23-24.02.2013 (~23.10-3.20), 24-25.02.2013 (~23.10-3.20) магнитное поле имеет спокойный характер и существенно не отличается от такового на ГО “Киев”. Нужно заметить, что периоды спокойного протекания магнитного поля приурочены к ночному времени суток. Периоды суток (~03.20~23.10) характеризуются также “пилообразными” высокочастотными возмущениями магнитного поля до 150 нТл, что характеризует “насыщенность” этих промежутков времени разнообразными магнитными “шумами”.

Измерения вариаций магнитного поля в метро проводились на отрезке ст. Берестейская – ст. Академгородок. На графике (рис. 2) хорошо видны величины и периоды возрастания магнитного поля в пределах 40- 350 мкТл на станциях метро. Заметим, что прежде, всего индукция  $B$ , обуславливается электродвигателями, расположенными в центре каждого вагона, и резко возрастает во время ускорения поезда. Однако, кроме электродвигателя поезда, на величину  $B$  влияют также конструкции туннелей метро, подземные и надземные коммуникации. Это четко видно из графика, в частности, в районе ст. Святошино, расположенной в месте крупной транспортной развязки.

**Выводы**

Впервые экспериментально исследована техногенная составляющая магнитного поля в г. Киеве для периодов от 1 с до 24 часов (частоты  $10^6$  Hz – 1 Hz).

Зарегистрированные разнопериодные техногенные вариации имеют амплитуды в десятки-сотни нанотесл и существенно отличаются от вариаций магнитного поля на магнитной обсерватории “Киев”.



**Рис. 2.** Вариации индукции магнитного поля  $B$  в вагоне метро на участке станций Берестейская – Академгородок

Особо большие значения индукции  $B$  (до 100-350 мкТл) зарегистрированы в метро, при начале движения или торможения поезда.

Источники техногенных вариаций имеют, в большинстве случаев, электрический и ферромагнитный характер, а именно, связаны с включением-выключением и работой источников постоянного тока, движением электрического транспорта, включительно с метро, а также механическим перемещением разнообразных транспортных средств. Заметная суточная ритмика техногенных источников обуславливается рабочим режимом людей и производства.

Можно говорить, что в городских условиях человек постоянно находится под воздействием средней (а в некоторых местах, временами сильной) магнитной бури.

### МОНІТОРИНГ ТА АНАЛІЗ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ТЕХНОГЕННОГО МАГНІТНОГО ШУМУ В м. КИЇВ

**А.О. Роменець, І.М. Орлюк**

В даній публікації викладені результати досліджень змінного магнітного поля техногенного походження в м. Київ. Вперше експериментально досліджена техногенна складова магнітного поля в частотному діапазоні  $10^{-6}$  Hz – 1 Hz. Показано, що джерела техногенних варіацій величиною в десятки і сотні нанотесла мають в більшості випадків електричний і ферромагнітний характер. Добова ритмика техногенних джерел обумовлюється робочим режимом людей і виробництва.

**Ключові слова:** моніторинг; магнітні варіації; техногенний магнітний шум.

### MONITORING AND ANALYSIS OF TECHNICAL LOW-FREQUENCY MAGNETIC NOISE IN KIEV

**A.O. Romenets, I.M. Orliuk**

Artificial magnetic field variations study results carried out in Kiev are represented in this publication. Artificial component of magnetic field in frequency band from  $10^{-6}$  Hz to 1 Hz has been experimentally studied for the first time. It was shown that man-made variation sources with intensity from tens to hundreds nanotesla have electrical and ferromagnetic nature mostly. Daily rhythm of artificial variations is caused by people activity timetable.

**Keywords:** monitoring; magnetic variations; artificial magnetic noise.

### Литература

- Белокриницкий В.С. Что необходимо знать пользователям мобильных телефонов и компьютеров. – К.: Университет “Украина” – 2009. – 112 с.  
 “Электромагнитные поля и здоровье человека” – М. – 2003. – 19 с. 1991. – 136 с.  
 Корепанов В., Беркман Р., Бест А., Линте Г.-Й., Мар’янюк Я., Реда Я., Паюнпаа К., Рахлін Л. Експериментальні дослідження стабільності ферозондових магнітометрів, Український метрологічний журнал, 1999. – Випуск 3, с. 23-25.  
 Орлюк М.І. Геофізична екологія — основні задачі шляхи їх розв’язку // Геофиз. журн. – 2001. – т. 23., № 1. – С. 49-59.  
 Орлюк М.І., Роменець А.О. Магнітне екологічне поле мегаполісу (на прикладі м. Києва) // Екологія і природокористування. – 2004. – Вип. 7. – С. 142-147.  
 Павлович Н.В., Павлович С.А., Галлиулин Ю.И. Биомангнитные ритмы - Мн.: Университетское, Резинкина М.М., Пелевин Д.Е., Думанский Ю.Д., Биткин С.В. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов // Гігієна населених місць. – 2009. – № 54. – С. 209-216.  
 Тягунов Д.С. Техногенное электромагнитное поле как экологический фактор // Экология урбанизированных территорий. – М. – 2011. – № 2. – С. 45-50.