

Низкочастотный техногенный магнитный шум в г. Киев*(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)*

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

В ряде публикаций приведены данные о влиянии постоянного магнитного поля (МП), а также его вариаций в широком диапазоне частот на живые организмы в целом и жизнедеятельность человека [1–3]. Общеизвестно, что в крупных мегаполисах природное магнитное поле Земли (МПЗ) существенным образом дополняется техногенной составляющей от разных источников постоянного и переменного характера [4]. 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 [4, 5]. Естественно, что изучение таких помех имеет как определенный экологический аспект, так и чисто магнитный с целью оценки и исключения из обсерваторских наблюдений имеет как определенный экологический аспект, так и чисто магнитный [6, 7].

Объект исследований. Переменное магнитное (электромагнитное) поле природного и техногенного происхождений изменяется в пределах от 10^{-6} Гц до 10 ГГц [8]. Наибольший вклад в техногенный электромагнитный шум на низких частотах (от 0,5 Гц до 400 кГц) вносятся основными потребителями электрического тока промышленной частоты [6]. Наименее исследованными в экспериментальном отношении остаются техногенные источники на частотах 10^{-6} –1 Гц. Заметим, что в этом диапазоне частот производится запись вариаций МПЗ в магнитных обсерваториях, что позволяет выполнить их сравнительную характеристику. Поэтому представляется весьма актуальным изучение техногенной составляющей МП на указанных частотах, которое может быть связано с движущимися ферромагнитными и электрическими источниками (машины, трамваи, троллейбусы, электрички, электропоезда метро и т. д.), а также с некоторыми производственными процессами, использующими оборудование на постоянном токе и т. д.

Аппаратура и методика измерений. Для изучения техногенной компоненты поля использовалась серийная аппаратура ЛФ Института космических исследований НАН Украины — магнитовариационная станция Lemi-008 [9]. Данный прибор измеряет ортогональные компоненты МП с общим диапазоном измерений поля ± 65 мкТл и вариаций — $\pm 2,5$ мкТл. Указанный диапазон измерений не позволяет исследовать более интенсивные техногенные источники, поэтому для грубой их оценки применялся портативный магнитометр на базе операционной системы Android. Магнитометр имеет в своем составе в качест-

ве измерителя блок магниторезисторов (принцип изменения сопротивления от положения в пространстве) или элементы Холла.

Для измерений с помощью Lemi-008 применялась стандартная методика наблюдений вариаций МПЗ, а именно: прибор устанавливался в определенном пункте с ориентацией датчика на магнитный север и регистрировались B_x -, B_y -, B_z -компоненты МП с интервалом 1 с.

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

Результаты исследований. Измерения вариаций магнитного поля выполнены в шести пунктах наблюдения (ПН), распределенных более-менее равномерно в пределах правобережной части Киева в производственных и подсобных помещениях на просп. Палладина, улицах Фрунзе, Гарматная, Боженка, Большая Окружная и Васильковская. В данном сообщении рассмотрены ПН с наибольшими величинами техногенной компоненты МП.

Заметим, что анализ техногенных источников показал максимальное их проявление в вертикальной составляющей магнитной индукции B_z , что позволяет нам ограничиться ее рассмотрением. Регистрация магнитных вариаций в ПН проводилась в ноябре–декабре 2012 г. — январе–феврале 2013 г. на протяжении 2–3-х сут в каждом из них.

ПН по ул. Фрунзе. Проведенные измерения вариаций магнитного поля показали наличие помех разного характера и периодичности (см. *a* на рис. 1). Сравнительная характеристика с вариациями по данным геомагнитной обсерватории (ГО) “Киев” (как правило, они изменяются в пределах первых десятков нанотесла) показывает наличие трех периодов отклонений МП от нормы (измерения проводились по мировому времени по Гринвичу UTC, но с целью практического восприятия данных в результативных материалах приведены вариации магнитного поля по Киевскому времени): 27.11.2012 с 15.27 (начало измерений) до 18.30 — ~ 700 нТл; 28.11.2012 с 8.30 до 18.30 — ~ 800 нТл; 29.11.2012 с 8.30 до 15.04 (конец измерений) — ~ 1000 нТл. Судя по характерному виду кривой B_z -компоненты, помеха вероятнее всего, электрического происхождения.

На протяжении всего периода измерений B_z -компонента — пилообразного вида, что свидетельствует о наличии постоянных механических или электромагнитных помех, вызванных, вероятно, движением автомобилей и наличием действующей трамвайной линии. Обнаруженные возмущения (до 300–500 нТл) МП, связанные, как выяснилось в последствии, с помехами от шиферного производства, точнее — от запуска печей для обжига. Следовательно, нахождение вблизи подобного производства дает постоянное достаточно интенсивное искажение МП, в десятки раз превосходящее по интенсивности возмущения при магнитной буре.

ПН по ул. Боженка. Существенные отклонения от вариаций на обсерватории наблюдаются (см. *b* на рис. 1): 09.01.2013 с 15.13 (начало измерений) до 24.45 — ~ 350 нТл; 10.01.2013 с 5.40 до 24.45 — ~ 450 нТл; 11.01.2013 с 5.40 до 14.47 (конец измерений) — ~ 350 нТл. Четко выделяются три периода возмущений МП. График изменения B_z -компоненты пилообразного синусоидального вида (максимум отклонения от “нормы” приходится на ~ 15.00 – 15.30), что свидетельствует о наличии постоянных электромагнитных помех, вызванных скорее всего работой какой-либо аппаратуры (измерения проводились в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины). Близость интенсивных транспортных потоков (ул. Боженка и Федорова) тоже влияют на общий характер протекания помех. Как и в предыдущих случаях были зарегистрированы высокоинтенсивные до 100–150 нТл высоко-

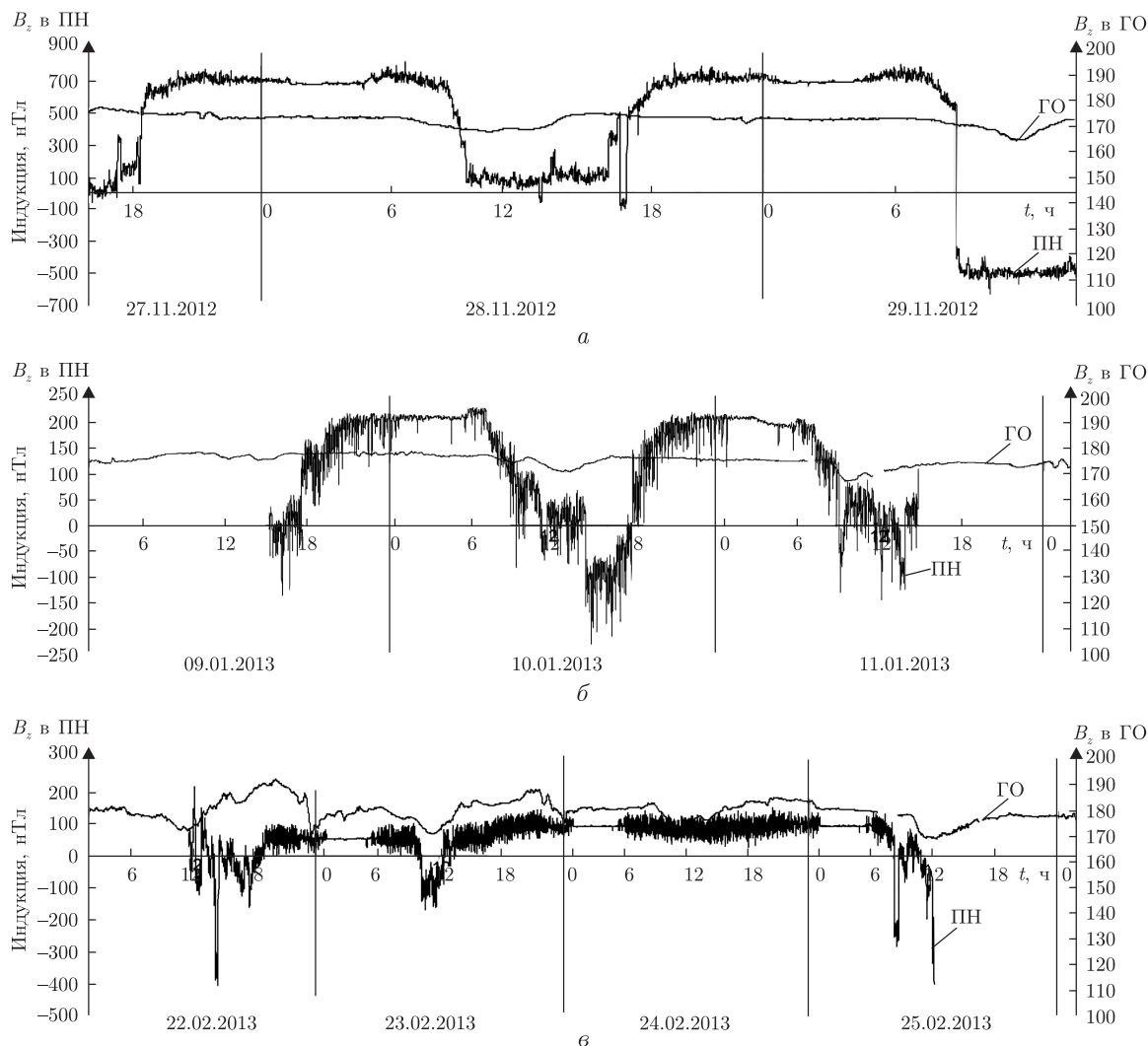


Рис. 1. Графики вариаций B_z -компоненты магнитного поля в исследуемых пунктах наблюдения и на ГО “Киев”: ул. Фрунзе (а); ул. Боженка (б); ул. Васильковская (е)

частотные возмущения МП. Также выделяются периоды (преимущественно в ночное время суток $\sim 0,45-5,40$), когда МП имеет в основном спокойный характер.

ПН по ул. Васильковской. Наибольшие вариации техногенного происхождения наблюдаются в следующих интервалах (см. в на рис. 1): 22.02.2013 — 23.02.2013 с 11.37 (начало измерений) до 01.10 — ~ 600 нТл, а также 23.02.2013 — 24.02.2013 с 05.20 до 01.10 — ~ 250 нТл; 24.02.2013 — 25.02.2013 с 03.20 до 01.10 — $\sim 80 - 100$ нТл и с 05.20 до 12.00 (конец измерений) — ~ 550 нТл. Следует отметить, что аномальные значения в период 23 и 24 февраля (выходные дни) несколько ниже, чем в период 22 и 25 февраля. Указанные промежутки — четкой периодичности, что позволяет предположить регулярный характер их возникновения (вероятнее всего — это эффект от метро). В периоды 22.02.2013 — 23.02.2013 ($\sim 23.10-3.20$), 23.02.2013 — 24.02.2013 ($\sim 23.10-3.20$), 24.02.2013 — 25.02.2013 ($\sim 23.10-3.20$) МП имеет спокойный характер и существенно не отличается от такового на ГО “Киев”. Нужно заметить что периоды спокойного протекания МП приурочены к ночному времени

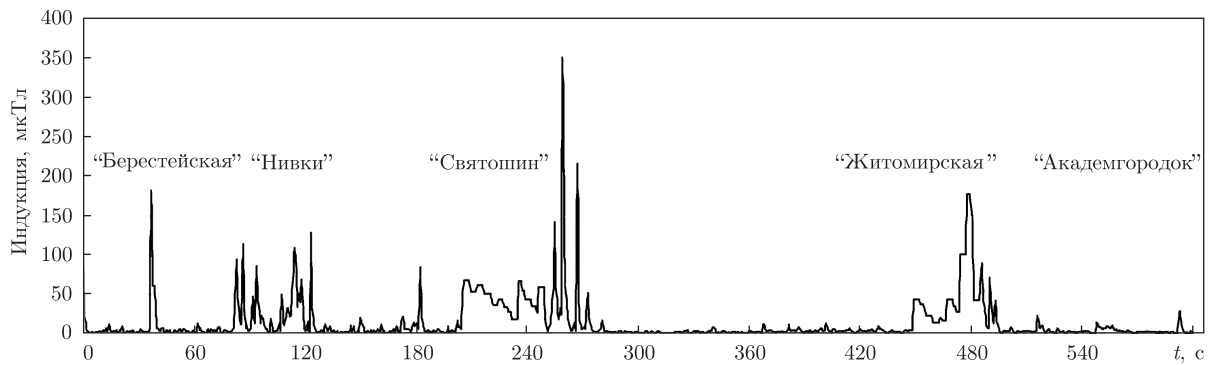


Рис. 2. Вариации индукции магнитного поля B в вагоне метро на перегоне между станциями “Берестейская” — “Академгородок”

суток. Периоды суток ($\sim 05.20-24.10$) характеризуются также пилообразными высокочастотными возмущениями МП до 150 нТл, что характеризует “насыщенность” этих промежутков времени разнообразными магнитными “шумами”. Интересным представляется некоторое усиление в техногенном поле суточной вариации, которое наблюдается, в частности, 10.01.2013 (см. в на рис. 1).

ПН метро. Измерения вариаций магнитного поля в метро проводились на отрезке станций “Берестейская” — “Академгородок”. На графике (рис. 2) хорошо видны величины и периоды возрастания МП 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.

Таким образом, нами впервые экспериментально исследована техногенная составляющая магнитного поля в г. Киев для периодов от 1 с до 24 ч ($10^{-6}-1$ Гц). Зарегистрированные разнопериодные техногенные вариации имеют амплитуды в десятки и сотни нанотесла и существенно отличаются от вариаций МП на магнитной обсерватории “Киев”. Особо большие значения индукции B (до 100–350 мкТл) зарегистрированы в метро в начале движения или торможения поезда.

Источники техногенных вариаций имеют в большинстве случаев электрический и ферромагнитный характер: связаны с включением/выключением и работой источников постоянного тока, движением электрического транспорта, включительно в метро, а также механическим перемещением разнообразных транспортных средств. Заметная суточная ритмика техногенных источников обуславливается рабочим режимом людей и производства. Следовательно, можно говорить, что в городских условиях человек постоянно находится под воздействием средней (а в некоторых местах — временами сильной) магнитной бури.

1. Павлович Н. В., Павлович С. А., Галлиулин Ю. И. Биоманнитные ритмы. – Минск: Университетское, 1991. – 136 с.
2. Орлюк М. І. Геофізична екологія – основні задачі та шляхи їх розв’язку // Геофіз. журн. – 2001. – 23, № 1. – С. 49–59.
3. Белокриницький В. С. Что необходимо знать пользователям мобильных телефонов и компьютеров. – Киев: Ун-т “Украина”, 2009. – 112 с.

4. Орлюк М. І., Роменець А. О. Магнітне екологічне поле мегаполісу (на прикладі м. Києва) // Екологія і природокористування. – 2004. – Вип. 7. – С. 142–147.
5. Резинкина М. М., Пелевин Д. Е., Думанский Ю. Д., Биткин С. В. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов // Гігієна насел. місць. – 2009. – № 54. – С. 209–216.
6. Тягунов Д. С. Техногенное электромагнитное поле как экологический фактор // Экология урбанизированных территорий. – Москва: Б. и., 2011. – № 2. – С. 45–50.
7. Гвишиани А. Д., Соловьев А. А., Агаян С. М., Богоутдинов Ш. Р., Сидоров Р. В. Алгоритмическая система распознавания выбросов на магнитограммах // Динамика физических полей Земли. – Москва: Светоч Плюс, 2013. – С. 297–310.
8. <http://www.gigagertz-solutions.com>.
9. Корепанов В., Беркман Р., Бест А. та ін. Експериментальні дослідження стабільності ферозондових магнітометрів // Укр. метрол. журн. – 1999. – Вип. 3. – С. 23–25.

Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев

Поступило в редакцию 28.08.2013

М. І. Орлюк, А. О. Роменець, І. М. Орлюк

Низькочастотний техногенний магнітний шум в м. Київ

Викладено результати досліджень змінного магнітного поля техногенного походження в м. Київ. Вперше експериментально досліджено техногенну складову магнітного поля в частотному діапазоні 10^{-6} –1 Гц. Показано, що джерела техногенних варіацій величиною в десятки і сотні нанотесла мають в більшості випадків електричний і феромагнітний характер. Добова ритміка техногенних джерел обумовлюється робочим режимом людей і виробництва.

M. I. Orlyuk, A. A. Romenets, I. M. Orliuk

Technical low-frequency magnetic noise in Kiev

The technical nature of magnetic field variations researched in Kiev is presented. The man-made component of the magnetic field in the frequency range from 10^{-6} Hz to 1 Hz is experimentally studied for the first time. It is shown that technological variation sources which have intensity of tens and hundreds of nanoteslas mostly have electrical and ferromagnetic nature. People and manufacture timetables cause the circadian rhythm of technological variations.