



ОРЛЮК

Михайло Іванович — доктор геологічних наук, завідувач відділу геомагнетизму Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ: ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

**За матеріалами доповіді на засіданні Президії
НАН України 21 лютого 2024 року**

У доповіді наведено результати досліджень, проведених в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, які стосуються вивчення просторово-часової структури магнітного поля Землі у контексті оцінювання екологічного стану довкілля. Міждисциплінарні дослідження за напрямом геофізичної (геомагнітної) екології є актуальними з огляду на значний вплив на навколишнє середовище природних і техногенних факторів, у тому числі й магнітних чинників, пов'язаних із забрудненням територій, зокрема й унаслідок ведення бойових дій.

Магнітне поле поряд з іншими факторами зовнішнього середовища (гравітаційне поле, повітря, температура, тиск, вологість тощо) є вкрай необхідною компонентою життя на Землі. Екологічний аспект геомагнітного поля зводиться до двох важливих моментів: 1) це потужна силова оболонка, що захищає поверхню планети від потрапляння на неї сонячної плазми та заряджених частинок космічного випромінювання у широкому діапазоні частот; 2) його наявність — це де-факто невід'ємний параметр довкілля.

Магнітне поле Землі визначається сумою полів від внутрішніх та зовнішніх джерел: $B = B_g + B_l + B_z$, де B — модуль індукції магнітного поля Землі; B_g — головне геомагнітне поле, зумовлене механіко-електромагнітними процесами в зовнішньому рідкому шарі ядра Землі; B_l — літосферне магнітне поле Землі, пов'язане з намагніченістю її порід; B_z — зовнішнє геомагнітне поле, спричинене електричними струмами, які існують у навколосемному космічному просторі, та струмами, індукованими в мантиї Землі.

Внутрішнє магнітне поле Землі створює силову оболонку навколо планети, яка поширюється на 40–60 тис. км від її поверхні. Взаємодія цієї оболонки із зарядженими частинками сонячного й космічного випромінювання та замагніченою сонячною плазмою зумовлює її деформацію та коливання, що проявляється періодичними варіаціями геомагнітного поля

та його збуреннями. Періодичність, ритмічність, а також збуреність швидкоплинних (від частки секунди до годин та днів) і тривалих (місячних, річних, 11-, 22-, 60-річних та більших періодів) змін геомагнітного поля зумовлені процесами на Сонці та сонячно-земними зв'язками [1, 2].

Геомагнітне екологічне поле (B_e), тобто геомагнітне поле, яке аналізується з точки зору його ролі та впливу як геоекологічного фактора, розглядають як суму гармонійного та збуреного полів: $B_e = B_z + B_{зб}$ [3, 4]. Гармонійне геомагнітне екологічне поле є сумою головного та літосферного полів, геомагнітних полів річної, сонячно-добової, місячно-добової варіацій та періодичних пульсацій, які стабільні в просторі та часі. До збуреного магнітного екологічного поля відносять суму полів незначних у просторі магнітних неоднорідностей літосфери, включно з аномаліями антропогенного походження, та нестійких у часі, неперіодичних і неправильних варіацій і пульсацій зовнішнього й техногенного походження [5].

Магнітне (електромагнітне) поле може впливати на органічний світ унаслідок дії деяких його біотропних параметрів, таких як інтенсивність, градієнт, вектор, форма імпульсу, експозиція та локалізація [6–10]. Магніторецепція геомагнітного поля біологічними об'єктами відбувається завдяки електромагнітній індукції, біохімічним реакціям та наявності феромагнітних частинок у різних органах і тканинах [11–14].

У низці нормативних документів для постійних та змінних високочастотних магнітних і електромагнітних полів природного й техногенного походження встановлено граничні величини, а також максимальний час можливого перебування людини в таких полях (напр., [15, 16]).

Залежно від ступеня перевищення екологічних норм магнітного поля в різних діапазонах частот та від часу перебування в ньому спостерігаються такі негативні для людини явища, як порушення функціонування імунної, нервової і серцево-судинної систем, змінення резистентності бактерій до антибіотиків, по-

ява злякисних новоутворень, а також загальне ослаблення організму [13, 14, 17–20].

Отже, природне й техногенне магнітні поля і їхні варіації можуть бути екологічно значущими факторами довкілля, які забезпечують нормальний перебіг біосферних процесів, а також функціонування всього ієрархічного ряду біосистем і організмів. У зв'язку з цим проаналізуємо для планети загалом і для території України зокрема просторово-часову структуру магнітного поля, яка впливає на перебіг низки біокосних процесів.

Просторово-часові зміни магнітного поля Землі для часового інтервалу 1950–2020 рр. За міжнародною моделлю IGRF-13 [21], на поверхні планети максимальні значення головного магнітного поля Землі (65–70 мкТл) характерні для геомагнітних полюсів, а мінімальні – для екваторіальних регіонів, зокрема Південної Америки (22–25 мкТл). Так, на епоху 2020 р. для території в околі української антарктичної станції «Академік Вернадський» модуль вектора індукції B_{AB} в середньому на 15 мкТл менший, ніж його величина для території України, і на 25 мкТл менший, ніж для Ямалу (рис. 1 і рис. 2) [22, 23].

За 70 років (з 1950 по 2020 р.) середнє значення головного магнітного поля Землі зменшилося на 1,8 мкТл, або на 4,5 %, – від 47,6 до 45,8 мкТл. На фоні цього загального зменшення магнітного поля планети виділяються області з екстремальними його змінами. Максимуми зменшення (–5,5÷–7,4 мкТл) спостерігаються поблизу Атлантичного узбережжя Центральної Америки, в районі протоки Дрейка і між Африкою та Антарктидою. Максимуми збільшення поля (2,1÷3,5 мкТл) характерні для Європи та Індійського океану [24].

Поширення коронавірусу SARS-CoV-2 залежно від розподілу аномалій геомагнітного поля на поверхні планети. В Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України було досліджено зв'язок значних просторово-часових змін індукції геомагнітного поля і поширення пандемії COVID-19 [25, 26]. Для 95 країн світу було сформовано масив цифрових даних щодо модуля геомагнітного поля B_{IGRF} його часово-

Рис. 1. Головне магнітне поле Землі, B_{IGRF} (жирні чорні лінії) на епоху 2020 р. та його часова зміна (сині й червоні кольори) за 70 років (1950–2020). Ізолінії поля наведено в нанотеслах

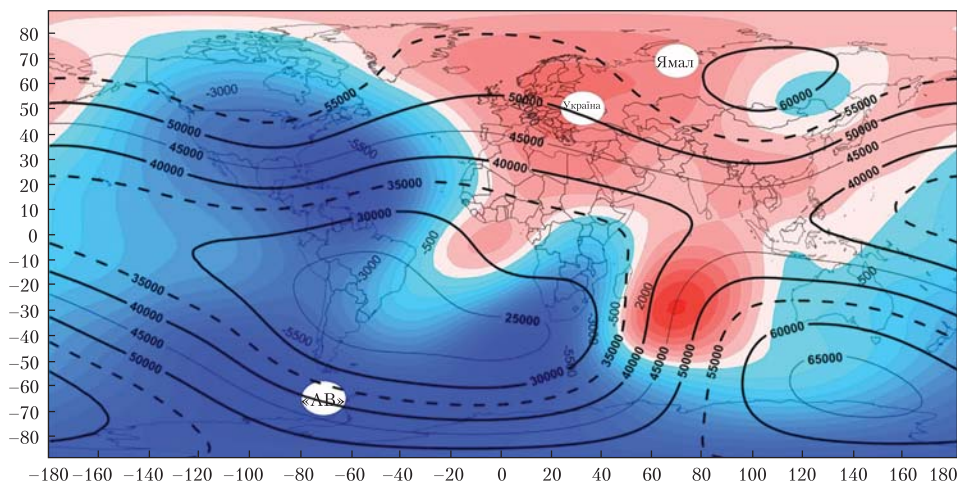
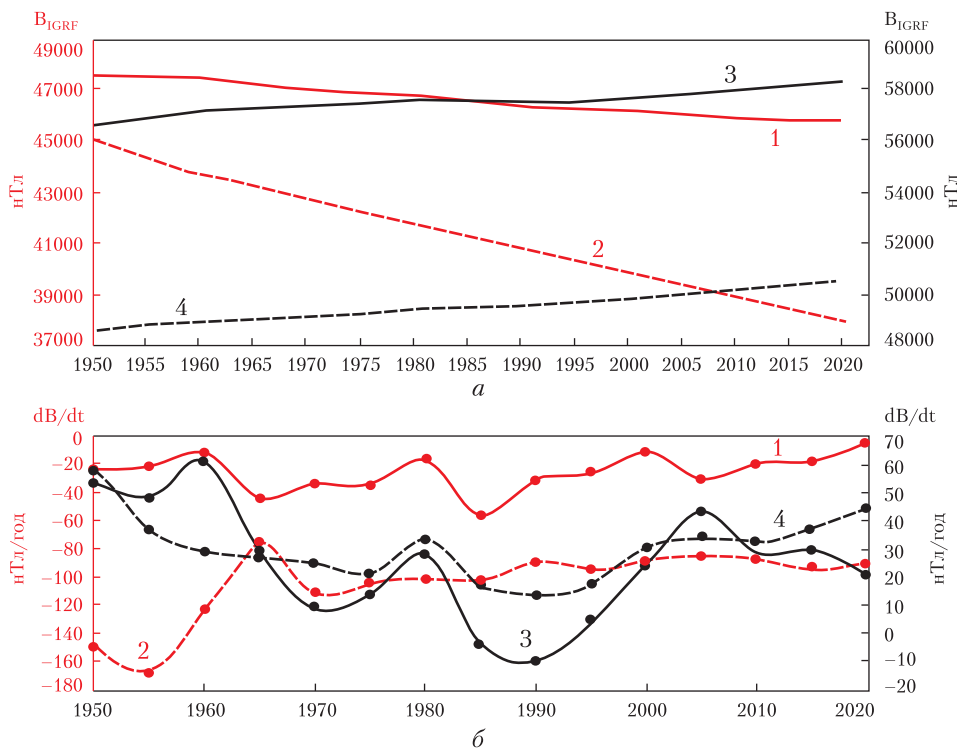


Рис. 2. Динаміка головного магнітного поля Землі (B_{IGRF}) за 70 років (а) та його часові зміни (б): 1 – середнє значення геомагнітного поля; 2 – геомагнітне поле в районі української антарктичної станції «Академік Вернадський»; 3 – в районі півострова Ямал; 4 – на території України



го градієнта та загальної кількості хворих (нормовано на 1 млн населення) [13, 21, 27–29]. На основі цих даних проведено статистичний аналіз і розраховано кореляційні залежності рівня захворюваності на COVID-19 громадян різних країн залежно від локальних «геомагнітних умов».

Отримані результати свідчать про тенденцію і наявність зв'язку між кількістю випадків захворювання і мінімальними та максимальними величинами геомагнітного поля Землі, що добре підтверджується апроксимацією даних поліноміальною кривою 5-го ступеня (рис. 3).

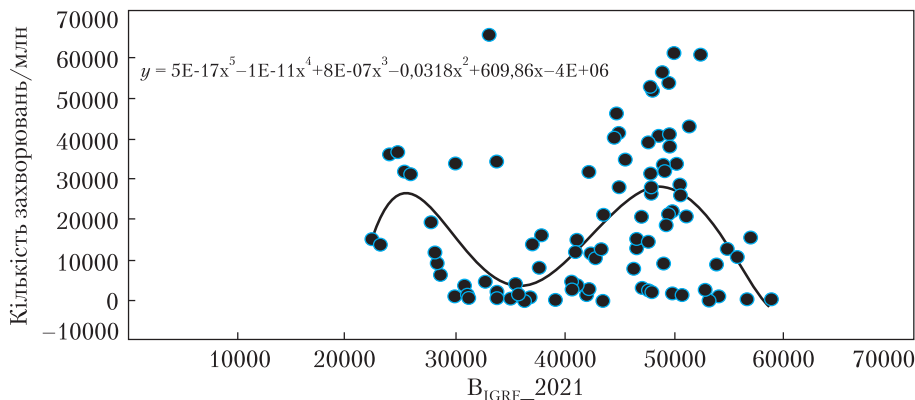


Рис. 3. Залежність кількості випадків захворювання на COVID-19, нормованих на 1 млн жителів, від величини головного магнітного поля Землі (B_{IGRF})

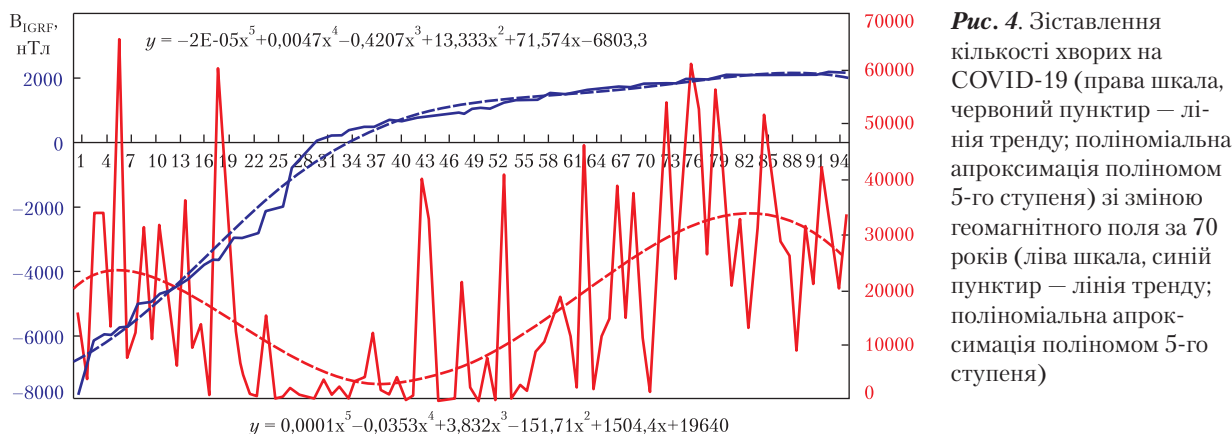


Рис. 4. Зіставлення кількості хворих на COVID-19 (права шкала, червоний пунктир — лінія тренду; поліноміальна апроксимація поліномом 5-го ступеня) зі зміною геомагнітного поля за 70 років (ліва шкала, синій пунктир — лінія тренду; поліноміальна апроксимація поліномом 5-го ступеня)

Підвищена кількість зареєстрованих випадків захворювання на COVID-19 пов'язана зі значними як від'ємними (до $-6,5$ мкТл), так і додатними (до $2,5$ мкТл) змінами геомагнітного поля, а для незначних змін поля в межах від $-2,5$ до $1,5$ мкТл характерна незначна кількість захворювань ($10\,000$ – $15\,000$ випадків на 1 млн населення) (рис. 4).

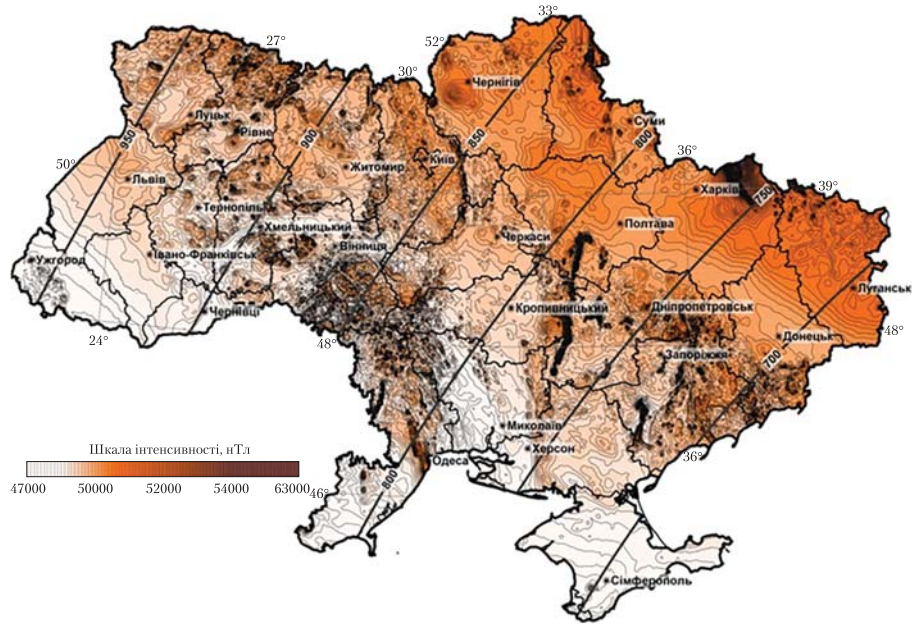
Кореляційні залежності кількості захворювань на COVID-19 від величини змін геомагнітного поля для країн, розташованих в областях від'ємних і додатних величин, підтверджують наявність вираженого зв'язку між ними.

Так, максимальна кількість зареєстрованих випадків захворювання на COVID-19 припадає на країни Північної і Південної Америки та півдня Африки (США, Панама, Бразилія, Аргентина, Коста-Рика, Колумбія, ПАР), які розташовані в областях з індукцією геомаг-

нітного поля $24,0$ – $35,0$ мкТл та її зменшенням на $-6,5$ мкТл, а також на країни Європи (Швейцарія, Хорватія, Швеція, Іспанія, Австрія, Франція, Велика Британія, Італія) з індукцією геомагнітного поля $48,0$ – $50,0$ мкТл і її зростанням на $2,5$ мкТл. Натомість країни Південно-Східної Азії, Австралії та Океанії, Центральної та Північної Африки (Китай, Японія, Нова Зеландія, Південна Корея, Австралія, Чад, Нігер, Ефіопія, Замбія), які розташовані в областях з індукцією геомагнітного поля $35,0$ – $45,0$ мкТл і мінімальними його змінами (від $-1,5$ до $1,5$ мкТл), характеризуються незначною кількістю захворювань.

Зіставлення величини модуля індукції геомагнітного поля на території України з кількістю випадків захворювання на грип та ГРЗ, а також з урожайністю озимої пшениці. Для території України характерним є висококоде-

Рис. 5. Модуль індукції геомагнітного поля B_{IGRF} для території України на епоху 2020 р. та динаміка поля B_{IGRF} для періоду 1950–2020 рр. (жирні чорні лінії зі значеннями поля в нанотеслах)



ренційоване геомагнітне поле, модуль індукції якого на епоху 2020 р. змінюється в межах 49–57 мкТл, зростаючи в напрямку з південного заходу на північний схід і досягаючи максимальних величин в областях залягання залізистих порід, які зумовлюють інтенсивні магнітні аномалії [30]. За 70 років (з 1950 по 2020 р.) геомагнітне поле України збільшилося на величини від 0,70 мкТл на сході до 0,95 мкТл на заході (рис. 5).

У співпраці з Інститутом епідеміології та інфекційних захворювань ім. Л.В. Громашевського НАМН України було проведено міждисциплінарні дослідження щодо поширення захворюваності на грип залежно від геомагнітного поля та його динаміки. Для території України було створено цифрову базу річних даних щодо кількості зареєстрованих хворих на грип та ГРЗ, а також значень модуля індукції геомагнітного поля для областей України та Автономної Республіки Крим на часових інтервалах 1991–1992 рр. та 1998–2006 рр. За результатами статистичного аналізу виявлено пряму залежність кількості захворювань від величини модуля індукції геомагнітного поля та його часових змін [31, 32]. Ця залежність є

більш значущою під час епідемій та менш вираженою в міжепідемічний та постепідемічний періоди. Потенційно це може бути пов'язано з підвищеною активністю вірусів у зоні аномалій модуля індукції геомагнітного поля або з ослабленням імунітету людей, які проживають у цих зонах.

За договором про науково-технічну співпрацю з Інститутом агроєкології і природокористування НААН України було досліджено можливий вплив магнітного поля Землі на рослинний світ, а саме: його вплив на врожайність озимої пшениці [33, 34]. Для часового інтервалу 1955–1990 рр. спостерігається закономірне збільшення врожайності пшениці від 17–18 ц/га до 32–35 ц/га залежно від просторово-часових змін геомагнітного поля. Розраховані коефіцієнти кореляції між врожайністю озимої пшениці і величиною геомагнітного поля для окремих областей (змінюються в межах від $r = 0,64$ у Луганській області до $r = 0,89$ у Чернівецькій) і для всієї території України ($r = 0,85$) свідчать про їх потенційну залежність.

Техногенна компонента магнітного поля на території м. Київ та в зоні бойових зіткнень. Сучасне магнітне поле Землі суттєво спотво-

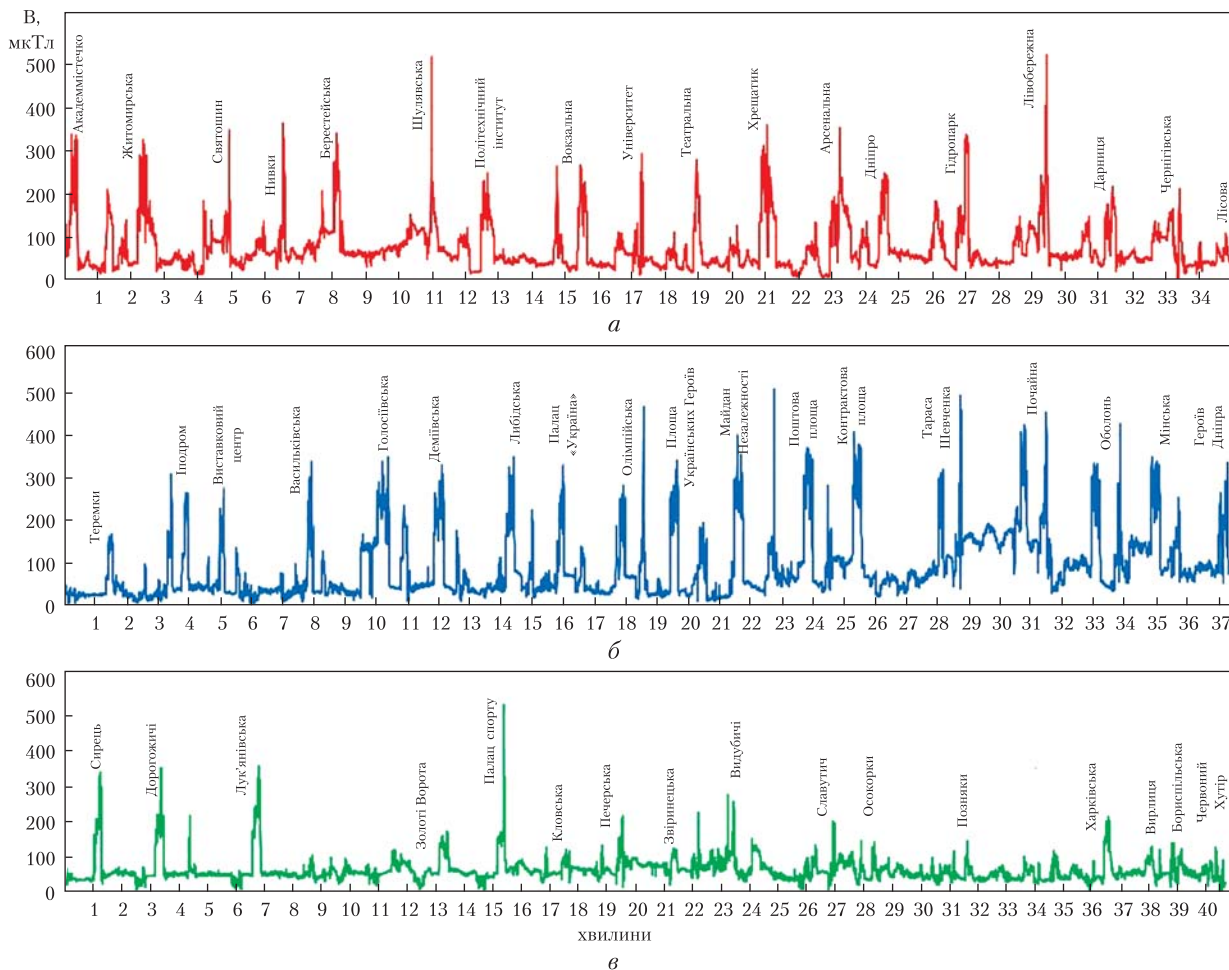


Рис. 6. Індукція магнітного поля на Святошинсько-Броварській (а), Оболонсько-Теремківській (б) та Сирецько-Печерській (в) лініях київського метрополітену

рюється техногенною складовою від різних електричних і магнітних джерел, розміщених як на поверхні, так і в атмосфері і навіть у близькому космосі. Найбільш інтенсивні зміни фонових значень індукції магнітного поля, а також його різноперіодичних варіацій приурочені до мегаполісів, а останнім часом — і до зони ведення бойових дій.

Природне магнітне поле на території м. Київ характеризується значеннями $B = 50,25\text{—}51,35$ мкТл і не виходить за межі екологічної норми. Найбільш інтенсивні поля від 10—20 і до 30—50 мкТл спостерігаються у столичному метрополітені [5, 35, 36], що зумовлено осо-

бливостями будови тунелів і станцій, а також рухомого складу (рис. 6).

За результатами експериментальних досліджень [35], для більшості платформ київського метрополітену статичні магнітні аномалії перебувають у межах екологічної норми (30—35 мкТл), але на деяких платформах («Осокорки», «Арсенальна», «Дорогожичі») величини магнітного поля мають значення 10—30 мкТл, що менше за допустимі норми.

Пікові значення індукції магнітного поля у вагоні електропоїзду під час його прибуття на станцію (80—200 мкТл) та відправлення з неї (200—500 мкТл) спостерігаються в межах

1–10 с, а інтервали між ними визначаються часом, упродовж якого поїзд стоїть на платформі (10–30 с). Часові інтервали з фоновими значеннями магнітного поля визначаються відстанню між станціями метрополітену та швидкістю електропоїзда і становлять у середньому 120–240 с (рис. 6).

Згідно з даними, наведеними у статтях [37, 38], в більшості будівель рівень геомагнітного поля не перевищує граничних значень 35,0–55,0 мкТл. Однак у деяких каркасно-монолітних житлових будинках, офісних приміщеннях, торговельно-розважальних центрах трапляються значні відхилення поля від норми [35], які в окремих кімнатах будинків різного типу можуть варіювати в межах від 5,0 до 90,0 мкТл [39].

Отже, магнітні аномалії техногенного походження в мегаполісі, особливо в метрополітені, характеризуються значними змінами магнітного поля як у низькочастотному, так і високочастотному спектрі їх коливань, які іноді значно перевищують прийняті екологічні норми.

В районах ведення активних бойових дій техногенна компонента магнітного поля зіставна або істотно переважає за інтенсивністю природні аномалії верхньої частини розрізу земної кори. Це відбувається внаслідок насичення території металобрухтом — рештками підбитих танків, бронетранспортерів, інших транспортних засобів, різноманітних боєприпасів та мін. На основі проведеної оцінки техногенної складової магнітного поля в зонах ведення воєнних дій науковці Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України у співпраці з Львівським центром Інституту космічних досліджень НАН України і ДКА України, а також разом із фахівцями ДП «Науково-дослідний центр проблем надрокористування

«Георесурс» розробляють комплекс СОКРАТ, призначений для пошуку мін та боєприпасів.

Висновки. Внутрішнє магнітне поле Землі протягом останніх 100 років помітно зменшується, що призводить до послаблення його захисної функції та проникнення на нижчі рівні (відносно поверхні Землі) сонячної плазми і заряджених частинок космічного випромінювання у широкому діапазоні частот і, відповідно, зумовлює змінення багатьох параметрів земної атмосфери.

За 70 років модуль індукції геомагнітного поля B зменшився в середньому на 4,5 %. На цьому фоні виділяються області з екстремальними змінами геомагнітного поля, причому як у бік зростання (Європа), так і у бік зменшення (Атлантичне узбережжя Центральної Америки), що може свідчити про певні зміни форми магнітосфери Землі.

Встановлено зв'язок стану геомагнітного поля Землі та його змін з поширенням на планеті коронавірусу SARS-CoV-2, а для території України — з рівнем захворюваності на грип і ГРЗ, а також з урожайністю озимої пшениці.

Показано, що магнітне поле техногенного походження в м. Київ у деяких випадках істотно відрізняється від гранично допустимих норм, зокрема в метрополітені, будинках каркасно-монолітного типу й торговельно-розважальних комплексах.

На сьогодні особливої уваги потребує вивчення техногенної складової магнітного поля у зоні ведення бойових дій. Оцінювання внеску цієї складової порівняно з природними аномаліями геомагнітного поля верхньої частини розрізу земної кори сприятиме розробленню технології пошуку мін та боєприпасів з використанням методів дистанційної магнітної зйомки.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

- Orlyuk M.I., Romanets A.A. Structure and dynamics of the Earth's main magnetic field on its surface and in near space. *Odessa Astronomical Publications*. 2011. **24**: 124–129. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2011.24.85105> [Орлюк М.И., Роменец А.А. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе. *Одесські астрономічні публікації*. 2011. Т. 24. С. 124–129.]
- Orlyuk M.I., Romanets A.A. The Earth's magnetic field and the large-scale magnetic field of the Sun: the solar-terrestrial connection. *Odessa Astronomical Publications*. 2023. **36**: 172–177. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2023.36.290538>
- Orlyuk M.I. Geophysical ecology: the main problems and ways to their solutions. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2001. **23**(1): 49–59. [Орлюк М.И. Геофізична екологія – основні задачі та шляхи їх розв'язку. *Геофізичний журнал*. 2001. Т. 23, № 1. С. 49–59.]
- Orlyuk M.I., Romanets A.A. Geomagnetic field of Ukraine: ecological aspect. *Ukrainian Geologist*. 2003. (1): 64–71. [Орлюк М.И., Роменец А.О. Геомагнітне поле України: екологічний аспект. *Геолог України*. 2003. № 1. С. 64–71.]
- Orlyuk M., Romanets A., Orliuk I. Natural and technogenic components of megalopolis magnetic field. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2016. **38**(1): 78–85. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i1.2016.107727>
- Kholodov Yu.A. *Reaktsii nerвної sistemy na elektromagnitnyye polya* [Reactions of the nervous system to electromagnetic fields]. Moscow: Nauka, 1975 (in Russian). [Холодов Ю.А. *Реакции нервной системы на электромагнитные поля*. Москва: Наука, 1975.]
- Kholodov Yu.A. *Mozg v elektromagnitnykh polyakh* [Brain in electromagnetic fields]. Moscow: Nauka, 1982 (in Russian). [Холодов Ю.А. *Мозг в электромагнитных полях*. Москва: Наука, 1982.]
- Serdyuk A.M. *Vzaimodeystviye organizma s elektromagnitnymi polyami kak s faktorom okruzhayushchey sredy* [Interaction of the body with electromagnetic fields as an environmental factor]. Kyiv: Naukova Dumka, 1977 (in Russian). [Сердюк А.М. *Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды*. Киев: Наукова думка, 1977.]
- Ptitsyna N.G., Villorresi G., Dorman L.I., Iucci N., Tyasto M.I. Natural and man-made low-frequency magnetic fields as a potential health hazard. *Physics-Uspokhi*. 1998. **168**(7): 767–769. <https://doi.org/10.1070/pu1998v041n07a-beh000419> [Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И. и др. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля, как факторы, потенциально опасные для здоровья. *Успехи физических наук*. 1998. Т. 168, № 7. С. 767–791.]
- Zhang X., Yarema K., Xu A. *Biological Effects of Static Magnetic Fields*. Springer Singapore, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-3579-1>
- Kirschvink J.L., Gould J.L. Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystems*. 1981. **13**(3): 181–201. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(81\)90060-5](https://doi.org/10.1016/0303-2647(81)90060-5)
- Johnsen S., Lohmann K. Magnetoreception in animals. *Physics Today*. 2008. **61**(3): 29–35. <https://doi.org/10.1063/1.2897947>
- Wang C.X., Hilburn I.A., Wu D.-A., Mizuhara Y., Cousté C.P., Abrahams J.N.H., Bernstein S.E., Matani A., Shimojo Sh., Kirschvink J.L. Transduction of the Geomagnetic Field as Evidenced from alpha-Band Activity in the Human Brain. *eNeuro*. 2019. **6**(2): e0483-18.2019 1–23. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0483-18.2019>
- Lei H., Pan Y., Wu R., Lv Y. Innate Immune Regulation under Magnetic Fields with Possible Mechanisms and Therapeutic Applications. Review article. *Front. Immunol.* 2020. **22**: 582772. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.582772>
- Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 HZ to 100 kHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Physics*. 2010. **99**(6): 818–836. <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e3181f06c86>
- Standard der baubiologischen Messtechnik: SBM-2015. <http://www.sbm-standard.de/>
- Lyubimov V.V. *Biotropnost yestestvennykh i iskusstvenno sozdannykh elektromagnitnykh poley* [Biotropy of natural and artificially created electromagnetic fields: an analytical review]. Moscow, 1997 (in Russian). [Любимов В.В. *Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей: аналитический обзор*. Препринт № 7 (1103). Москва: ИЗМИРАН, 1997.]
- Serdyuk A., Grigoryev P., Akimenko V., Protas S. Ecological significance of geomagnetic field. Medical and biological premises for the hygienic standardization of its permissible attenuation in Ukrainian conditions. *Environment & Health*. 2010. (3): 8–11.

- [Сердюк А.М., Григор'єв П.Є., Акіменко В.Я., Протас С.В. Екологічна значущість геомагнітного поля та медично-біологічні передумови гігієнічної регламентації його ослаблення в умовах України. *Довкілля і здоров'я*. 2010. № 3. С. 8–11.]
19. Medvedeva O.A., Kalutsky P.V., Besedin A.V., Medvedeva S.K., Kalutsky A.P. Ecological and epidemiological analysis of the incidence of intestinal infections among children in the regions of the Kursk region with different levels of the geomagnetic field. *Nauchnyye vedomosti. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*. 2011. (10): 5–11.
[Медведева О.А., Калущкий П.В., Беседин А.В., Медведева С.К., Калущкий А.П. Эколого-эпидемиологический анализ заболеваемости детского населения кишечными инфекциями в регионах Курской области с различным уровнем геомагнитного поля. *Научные ведомости. Серия: Медицина. Фармация*. 2011. № 10. С. 5–11.]
 20. Martynyuk V., Tseyslyer Y., Temuryants N. Interference of mechanism of weak extremely low frequency electromagnetic fields influence on man and animals. *Geophysical Processes and Biosphere*. 2012. **11**(2): 16–39.
[Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Темурьянц Н.А. Интерференция механизмов влияния слабых электромагнитных полей крайне низких частот на организм человека и животных. *Геофизические процессы и биосфера*. 2012. Т. 11, № 2. С. 16–39.]
 21. DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1945–2025 (IGRF-13) and Related Parameters. https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf_vitmo.php
 22. Orlyuk M.I., Romenets A.O. Spatial-temporal perturbation of the geomagnetic field of certain territories in the northern and southern hemispheres of the Earth. *Dopov. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2018. (10): 64–71. <https://doi.org/10.15407/dopovid2018.10.064>
[Орлюк М.И., Роменец А.О. Просторово-часова збуреність геомагнітного поля ряду територій північної та південної півкуль Землі. *Доповіди НАН України*. 2018. № 10. С. 64–71.]
 23. Orlyuk M., Romenets A. Spatial-time disturbance of geomagnetic field for some territories of the north and southern hemispheres: ecological aspect. In: Proc. XVII International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects (14–16 May 2018, Kyiv, Ukraine). Paper 13472. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801845>
 24. Orlyuk M.I., Romenets A.A. Spatiotemporal change in the geomagnetic field: environmental aspect. *Geofizicheskiy Zhurnal*. **42**(4): 18–38. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i4.2020.210670>
 25. Orlyuk M., Romenets A. SARS-CoV-2 virus spreading in depending of the Earth's magnetic field. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2022. **44**(4): 74–94. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264842>
[Орлюк М.И., Роменец А.О. Поширення вірусу SARS-CoV-2 залежно від магнітного поля Землі. *Геофізичний журнал*. 2022. Т. 44, № 4. С. 74–94.]
 26. Orlyuk M., Romenets A., Orliuk I. Earth's magnetic field spatial-temporal changes in relation to the SARS-CoV-2 virus spreading. In: Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: Proc. XVI Int. Sci. Conf. (15–18 November, 2022, Kyiv, Ukraine). <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-196.pdf>
 27. Komisarenko S.V. *World Coronavirus Crisis*. Kyiv, 2020. <https://files.nas.gov.ua/PublicMessages/Documents/-8/2020/10/201001141517278-5741.pdf>
[Комісаренко С.В. *Світова коронавірусна криза*. Київ: ЛАТ&К, 2020.]
 28. Worldometer. Report coronavirus cases. https://www.worldometers.info/coronavirus/#google_vignette
 29. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020–21. *The Lancet*. 2022. **399**(10334): 1513–1536. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02796-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02796-3)
 30. Orlyuk M.I., Marchenko O.V., Romenets A.A., Bakarzhieva M.I. Development of digital maps of the induction module of the geomagnetic field B for the territory of Ukraine. *Geophysics and geodynamics: prediction and monitoring of geological medium*. Lviv, 2023. P. 152–155.
[Орлюк М.И., Марченко О.В., Роменец А.О., Бакаржієва М.И. Розробка цифрових карт модуля індукції геомагнітного поля В для території України. *Геофізика і геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища*: зб. наук. праць. Львів: Растр-7, 2023. С. 152–155.]
 31. Orlyuk M.I., Frolov A.F., Zadorozhnaya V.I., Romenets A.A. Spatial disturbance of the Earth's magnetic field and some aspects of infectious diseases. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2007. **29**(6): 148–156.
[Орлюк М.И., Фролов А.Ф., Задорожная В.И., Роменец А.А. Пространственная возмущенность магнитного поля Земли и некоторые аспекты инфекционных заболеваний. *Геофізичний журнал*. 2007. Т. 29, № 6. С. 148–156.]
 32. Frolov A.F., Orlyuk M.I., Zadorozhnaya V.I., Romenets A.A. Epidemic process of influenza and some biosphere factors of physical nature. *Dopov. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2009. (1): 172–176.
[Фролов А.Ф., Орлюк М.И., Задорожная В.И., Роменец А.А. Эпидемический процесс гриппа и некоторые факторы биосферы физической природы. *Доповіди НАН України*. 2009. № 1. С. 172–176.]

33. Orlyuk M.I., Melnik P.P., Romenets A.A., Lischetovich L.I. On the influence of the Earth's magnetic field on the yield of winter wheat in Ukraine. *Geofizicheskii Zhurnal*. 2012. **34**(2): 72–82.
[Орлюк М.И., Мельник П.П., Роменец А.А., Лищетович Л.И. О влиянии магнитного поля Земли на урожайность озимой пшеницы на территории Украины. *Геофізичний журнал*. 2012. Т. 34, № 2. С. 72–82.]
34. Melnyk P.P., Orlyuk M.I., Romenets A.A. Effect of magnetic field of Earth on the yield of winter wheat in the space-time dimension. *Balanced Nature Using*. 2014. **8**(1): 85–93.
35. Rozov V.Yu., Pelevin D.Ye., Levina S.V. Experimental research into indoor static geomagnetic field weakening phenomenon. *Electrical Engineering & Electromechanics*. 2013. (6): 72–76. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2013.6.13>
[Розов В., Пелевин Д., Левина С. Экспериментальное исследование явления ослабления статического геомагнитного поля в помещении. *Електротехніка і електромеханіка*. 2013. № 6. С. 72–76.]
36. Orlyuk M.I., Romenets A.O., Orliuk I.M. Magnetic fields of the Kyiv underground: ecological aspect. *Dopov. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2020. (3): 63–70. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.03.063>
[Орлюк М.И., Роменец А.О., Орлюк І.М. Магнітні поля Київського метрополітену: екологічний аспект. *Доповіди НАН України*. 2020. № 3. С. 63–70.]
37. Orlyuk M.I., Romenets A.O. Magnetic ecological field of a metropolis (on the example of Kyiv). *Ekolohiia i pryrodokorystuvannia*. 2004. (7): 142–147.
[Орлюк М.И., Роменец А.О. Магнітне екологічне поле мегаполісу (на прикладі м. Києва). *Екологія і природокористування*. 2004. № 7. С. 142–147.]
38. Rezinkina M.M., Pelevin D.E., Dumansky Yu.D., Bitkin S.V. Weakening of the geomagnetic field in apartment buildings of various projects. *Hygiene of Populated Places*. 2009. **54**: 209–216.
[Резинкина М.М., Пелевин Д.Е., Думанский Ю.Д., Биткин С.В. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов. *Гігієна населених місць*. 2009. Вип. 54. С. 209–216.]
39. Orlyuk M.I., Onyshchuk I.I., Romenets A.A., Marchenko A.V., Yatsevsky P.O., Orliuk I.M. Radon and magnetic anomalies in the territory of the city Kyiv: environmental aspect. *Geofizicheskii Zhurnal*. 2021. **43**(1): 227–250. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021.225551>
[Орлюк М.И., Онищук І.І., Роменец А.О., Марченко А.В., Яцевський П.О., Орлюк І.М. Магнітні та радонові аномалії на території міста Києва: екологічний аспект. *Геофізичний журнал*. 2021. Т. 43, № 1. С. 227–250.]

Mykhailo I. Orlyuk

S. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6748-8766>

EARTH'S MAGNETIC FIELD: ECOLOGICAL ASPECT

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, February 21, 2024

The report presents the results of research conducted at the S. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine on the study of the spatial and temporal structure of the Earth's magnetic field in the context of environmental assessment. Interdisciplinary research in the field of geophysical (geomagnetic) ecology is important given the significant impact on the environment of natural and technogenic factors, including magnetic factors associated with the pollution of territories, in particular as a result of military operations.

Cite this article: Orlyuk M.I. Earth's magnetic field: ecological aspect. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2024. (4): 35–44. <https://doi.org/10.15407/visn2024.04.035>