

Поширення вірусу SARS-CoV-2 залежно від магнітного поля Землі

М.І. Орлюк, А.О. Роменець, 2022

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 24 лютого 2022 р.

У статті на основі аналізу великого масиву цифрових даних для 95 країн світу викладено результати дослідження щодо можливого зв'язку поширення вірусу SARS-CoV-2 з магнітним полем Землі. Наведено практично фактичні дані як для параметрів геомагнітного поля, так і щодо захворювання на коронавірус, що дає змогу, на наш погляд, зробити деякі певні висновки, які зводяться до наступного:

Спостережено залежність просторового поширення вірусу SARS-CoV-2 від модульних значень індукції головного магнітного поля Землі B_{IGRF} . Максимальна кількість захворювань припадає на країни, які розташовані в регіонах зі зниженими (25,0—30,0 мкТл) та підвищеними (48,0—55,0 мкТл) значеннями цієї величини.

Виявлено просторову залежність поширення вірусу SARS-CoV-2 від динаміки геомагнітного поля за останні 70 років, а саме максимальна кількість захворювань припадає на області з максимальними його змінами у бік як зменшення (до -6500 нТл), так і збільшення вказаної вище величини (до 2500 нТл).

Зіставлення динаміки поширення захворювань на SARS-CoV-2 з Kp -індексом збуреності геомагнітного поля показує практичну відсутність такого зв'язку. Можна лише зазначити на якісному рівні певну закономірність стосовно приуроченості максимумів добового приросту захворювань до відносних мінімумів сучасної геомагнітної активності, що, можливо, зумовлено зростанням у цей період інтенсивності галактичного космічного випромінювання.

Показано зв'язок динаміки процесу захворювання SARS-CoV-2 із сонячною активністю, а саме: початок пандемії припадає на суперпозицію мінімумів 11-річних (між 24 і 25) та 110 (120?)-річних циклів сонячної активності. При цьому зростання кількості захворювань добре корелює із зростанням сонячної активності 25-го циклу. Подібним співвідношенням характеризувалася пандемія «Іспанки», яка виникла близько 110 років тому у мінімумі між 14 і 15 циклами та відбувалася на фазі росту 15-го циклу сонячної активності.

Ключові слова: магнітне поле Землі, пандемія, КОВІД-19, геомагнітна та сонячна активність, вірус.

Вступ. Згідно з численними дослідженнями геомагнітне поле є одним з головних екологічних факторів і суттєво впливає на живі організми загалом і на життєдіяльність людини зокрема [Травкин, 1971; Холодов, 1975; Павлович и др., 1991; Орлюк, 2001; Серпов, 2007; Орлюк и др., 2007, 2012; Сердюк та ін., 2010; Куликов, Тимофеева, 2011; Connie et al., 2019; Orlyuk, Romenets, 2020 і багато інших]. Напевно, цей вплив реалізується через параметри постійної і змінної компонент геомагнітного поля, при яких певний індивід (популяція, екосисте-

ма) може існувати і розвиватися, а також через граничні значення цих величин, при яких їх розвиток є комфортним або некомфортним [Орлюк, 2001]. Крім того, слід зазначити, що магнітне (електромагнітне) поле може впливати на органічний світ через його біотропні параметри [Холодов, 1982]: інтенсивність, градієнт, вектор, форму імпульсу (коливання), експозицію та локалізацію.

З огляду на той факт, що на поверхні Землі геомагнітне поле змінюється в дуже широких межах, у статті [Орлюк, Роме-

нець, 2003] запропонована величина «екологічної» норми постійного поля в межах 35—55 мкТл. У зв'язку з аналізом умов для роботи і проживання людей на теперішній час щодо квазіпостійного магнітного поля введені не тільки його граничні величини, а також максимальний час можливого перебування в таких полях [Standard..., 2015].

У рамках міждисциплінарних досліджень у низці публікацій показано залежність від квазіпостійного геомагнітного поля деяких біосферних процесів, а саме поширення захворювань на грип та гострих респіраторних захворювань на території України [Орлюк та ін., 2007, 2012; Фролов та ін., 2009], захворювання дітей кишковими інфекціями в районі Курської магнітної аномалії [Медведєва та ін., 2011], зміна технологічних показників курчат-бройлерів [Засекін та ін., 2013], а також урожайності озимої пшениці на території України [Орлюк та ін., 2012] і деякі інші явища та процеси [Серпов, 2007; Куликов, Тимофєєва, 2011]. У зв'язку з наведеним вище становить інтерес аналіз захворювання людей на вірус SARS-CoV-2 в різних регіонах планети залежно від просторово-часових змін геомагнітного поля. Зважаючи на планетарний характер поширення коронавірусу, автори цілеспрямовано не обмежилися аналізом окремих регіонів чи країн, щоб отримати найбільш узагальнену характеристику взаємозв'язку конкретного, статистично добре зафіксованого «біосферного» процесу з одним із параметрів зовнішнього середовища — геомагнітним полем, який досі не аналізували як потенційний фактор впливу на просторовий розподіл та кількість захворювань.

Методика дослідження. Для характеристики просторово-часової структури геомагнітного поля були генеровані масиви даних і побудовані цифрові карти B_{IGRF} для всієї земної кулі з кроком 5 років для часового інтервалу 1950—2021 рр. та середньорічних значень з кроком 1 рік. Розрахунок B_{IGRF} був виконаний у режимі on-line з кроком $1^\circ \times 1^\circ$ за довготою і широтою з використанням програмного забезпечення агентства NASA [DGRF-IGRF Geomagnetic

Field Model 1590—2024, міжнародна модель IGRF-13]. З використанням цих цифрових масивів були розроблені карти модуля індукції B_{IGRF} на різні епохи, а також карти горизонтального градієнта та часових змін геомагнітного поля для наведених інтервалів. Отримані дані були використані для геомагнітної характеристики різних регіонів планети у вигляді величини модуля індукції B_{IGRF} , горизонтального градієнта $dB/d\phi$ та часового градієнта dB/dt . Окремо для кожної країни цифрові дані щодо значень геомагнітного поля та його компонентів було отримано шляхом розрахунку їх середніх величин у межах їх контуру. Інформація щодо захворюваності людей на CoV-2 для країн, які розташовані у різних у геомагнітному відношенні умовах, використана з офіційного сайту <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>, на якому оперативно подається повна інформація щодо перебігу процесу захворювання, смертності та інших процесів для всіх країн світу. У нашому дослідженні застосовано інформацію для 95 країн — загальну кількість хворих та хворих, нормованих на 1 млн жителів. Крім того, були відібрані домінуючі країни, які знаходилися в різних стосовно геомагнітних параметрів умовах. Для кожної країни наведено усереднені дані щодо параметрів геомагнітного поля (для великих країн) або точкові — для невеликих за розмірами країн. З використанням зведених у таблицю числових даних стосовно країн, величини поля B_{IGRF} , його часового градієнта та загальної кількості хворих, а також хворих в їх межах (нормованих на 1 млн населення) виконано статистичний аналіз та розраховано кореляційні залежності захворювання громадян різних країн на SARS-CoV-2 залежно від «геомагнітних умов».

Просторово-часова структура індукції геомагнітного поля В. У цій статті проаналізовано квазіпостійне головне магнітне поле Землі. Геомагнітне поле та його просторово-часові зміни можуть бути описані такими параметрами: а) абсолютною величиною B_{ik} у точці i , або усереднене для території певної країни (визначається координата-

ми широти та довготи) на момент часу k (визначається в роках), яка для планети в цілому може бути замінена на величину нормальної складової $B_{ik}=B_{ik'}_{IGRF}$; б) просторовими градієнтами поля за широтою та довготою $dB_{ik}/d\varphi$, $dB_{ik}/d\lambda$, часовим градієнтом dB_{ik}/dt . Для аналізу геомагнітного поля та його просторово-часових градієнтів були використані дані за 71-річний період (1950—2021 рр.) стосовно внутрішнього поля B_{IGRF} і геомагнітної збуреності (Kp -індексу), зумовленої зовнішніми чинниками. На рис. 1 наведено величину нормальної компоненти геомагнітного поля на квітень 2021 р. (а), його горизонтальний градієнт $dB_{ik}/d\varphi$ (б), а також часові зміни за 71 рік 1950—2021 рр. (в).

Відповідно до розрахунків, на поверхні планети максимальні значення головного магнітного поля Землі B_{IGRF} для 2021 р. характерні для негативного геомагнітного полюса ($B_{IGRF,2021}=60,4$ мкТл) (розміщується поблизу Північного географічного полюса Землі) і позитивного ($B_{IGRF,2021}=66,9$ мкТл) (розміщується поблизу Антарктичного узбережжя навпроти Австралії), а мінімальні — для близько екваторіальних областей Південної Атлантики (так звана Південно-атлантична аномалія) ($B_{IGRF,2021}=24,5$ мкТл) (рис. 1, а). За період з 1950 по 2021 р. середнє значення B_{IGRF} на поверхні планети зменшилось на 1800 нТл (з 47,6 до 45,8 мкТл) [Orlyuk, Romenets, 2020]. На фоні загального зменшення магнітного поля планети виділяються області з екстремальними величинами його зміни. Максимуми зменшення поля з 1950 по 2021 р. ($-5500\div-7400$ нТл) ($-80\div-100$ нТл/рік) розташовуються поблизу Атлантичного узбережжя Центральної Америки (18° пн.ш.; -65° зх.д.), а також у районі протоки Дрейка (-65° пд.ш.; -85° зх.д.) і між Африкою та Антарктидою (-50° пд.ш.; 10° сх.д.). Максимуми збільшення поля ($2100\div3500$ нТл) ($+40\div60$ нТл/рік) характерні для Європи (60° пн.ш.; 30° сх.д.), Євразії і Індійського океану (30° пд.ш.; 70° сх.д.) (рис. 1, в). Така сама тенденція змін поля властива і часовому інтервалу 2019—2022 рр. — періоду захворюваності на SARS-CoV-2. Проте слід

зауважити, що центри зменшення поля, залишаючись близькими за інтенсивністю змін ($-75\div-100$ нТл/рік), зміщуються у західному напрямку (рис. 1, б, в), а центри збільшення ($30\text{—}90$ нТл/рік) практично залишилися на місці або зросла інтенсивність східніших фокусів.

Як приклад розрахунків розглянемо параметри геомагнітного поля території США (територія знаходиться в межах $30\text{—}50^\circ$ пн.ш. і $80\text{—}125^\circ$ зх.д.). Модуль індукції поля B_{IGRF} знаходиться в межах $B=46,0\div56,0$ мкТл, $dB_{IGRF}/d\varphi=4,5$ нТл/км, зміна поля за 71 рік становить -5000 нТл, часовий градієнт поля в середньому дорівнює: $dB_{IGRF}/dt=-75$ нТл/рік, а за останні 2 роки (2019—2021) сягає -100 нТл/рік. У подальшому аналізі не будемо розглядати горизонтальний градієнт геомагнітного поля, оскільки опосередковано він відображається у величинах нормального геомагнітного поля B_{IGRF} .

Зовнішнє магнітне поле Землі. Це поле зумовлене сонячною активністю і охарактеризовано Kp -індексом, протягом досліджуваного інтервалу воно змінювалось у незначних межах. Як можна бачити з рис. 2, за 2 роки спостерігається незначний додатний лінійний тренд збуреності геомагнітного поля на 0,5 бала.

Злегка підвищена збуреність геомагнітного поля була властива кільком інтервалам: лютий — квітень 2020 р. (до 2—3 балів); серпень — листопад 2020 р. (3—4 бали); лютий — травень 2021 р. (3—4 бали) та у жовтні — листопаді (окремі піки до 4—5 балів).

Поширення коронавірусу людини. Нижче викладено найбільш загальну інформацію про SARS-CoV-2 за даними праці [Комісаренко, 2020], яка є найінформативнішою публікацією як стосовно вірусу SARS-CoV-2, так і пандемії COVID-19. Згідно з цією публікацією, на останньому історичному етапі розвитку планети Земля від Р. Х. було кілька пандемій різної природи, які призвели до катастрофічних наслідків через людське спустошення значних регіонів планети: «Юстиніанська» (чума, між 542—546 рр.) забрала близько

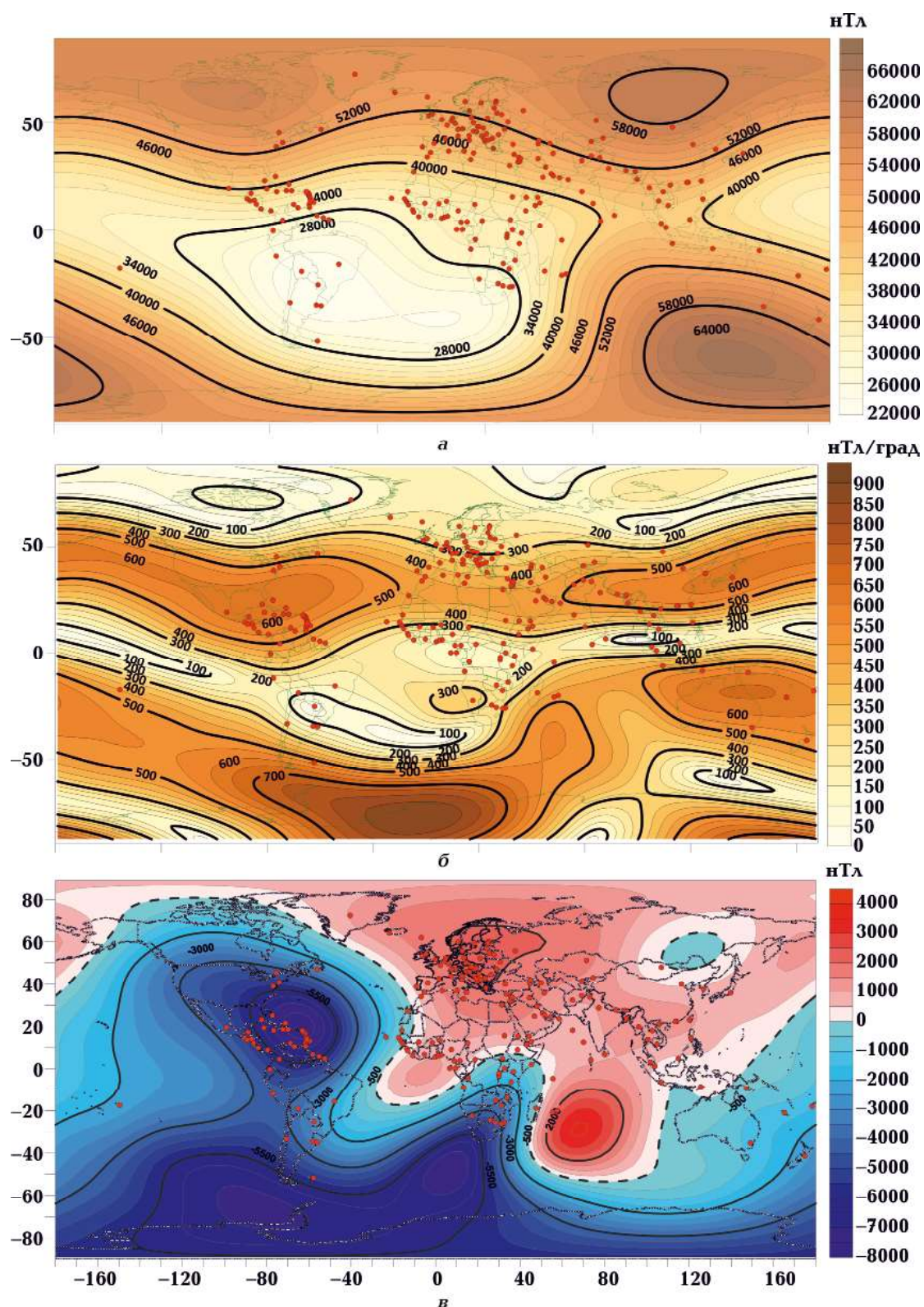


Рис. 1. Нормальна компонента геомагнітного поля B_{IGRF} на квітень 2021 р. (а), його горизонтальний градієнт (б) і часові зміни за 71 рік (1950—2021) (в), червоні точки — столиці країн.

Fig. 1. The normal component of the B_{IGRF} geomagnetic field for April 2021 (a), its horizontal gradient (б) and time changes over 71 years (1950—2021) (в), red dots — capitals.

100 млн життів; «Чорна смерть» (чума, між 1347—1350 рр.) — 50 млн; «Іспанка» (грип, 1914—1919 рр.) — від 50 до 100 млн осіб. Крім того, трохи раніше в Китаї у 1894 р. почалася пандемія чуми, яка поширилася потім до Індії (у 1896 р.) та до США (у 1899 р.). За час цієї пандемії загинуло 15 млн жителів, за цього в Індії до 1921 р. — 12 млн осіб [Комісаренко, 2020].

На теперішній час число коронавірусів із відомих раніше близько 10 (серед яких відомі віруси птахів (1937), великої рогатої худоби, свиней, гризунів, кішок, собак та людини (1967)) зросло у кілька разів (нині відкрито нові коронавіруси людини, коней, китів, птахів і кажанів та ін.).

Епідемія SARS-CoV-2 виникла (як офіційно вважають) у китайському місті Ухань у листопаді 2019 р., вона значно перевершила за своїми масштабами всі попередні та змінила життя людей в усьому світі. Масштаби цього респіраторного захворювання вражають, пандемія охопила понад 180 країн світу, кількість хворих зростала від перших десятків мільйонів людей у 2020 р. до перших сотень мільйонів — у 2021 р. (рис. 3). На сьогодні виключно повна інформація щодо кількості та динаміки хворих й померлих від вірусу людей для країн світу публікується на сайті <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>, що позбавляє нас від необхідності детального опису цього

інфекційного процесу.

Як можна бачити з рис. 3, спостерігається стрімке зростання кількості хворих — від 121 хворого 18.01.2020 до 288 млн на 31.12.2021, та померлих — від 2 до 5451200 відповідно. Згідно з цими даними, за 2021 р. кількість хворих зростала майже лінійно до 1 грудня, а далі спостерігалось різке зростання до майже 400 млн осіб на 07.02.2022 р.; за цього тренд кількості померлих почав злегка виположуватися починаючи з кінця вересня 2021 р., сягнувши 5,543 млн осіб (див. рис. 3, а).

Загалом найбільша кількість захворювань, нормована на 1 млн жителів на 14.04.2021 (від 34000 до 60000 на мільйон населення), характерна для країн Центральної та Північної Америки (США, Панама, Бразилія, Аргентина, Коста Ріка, Колумбія) та Європи (Грузія, Бельгія, Вірменія, Швейцарія, Хорватія, Ізраїль, Швеція, Іспанія, Австрія, Португалія, Франція, Великобританія, Італія). За цього є низка країн Південно-Східної Азії (Китай, Японія, Таїланд, Нова Зеландія, Південна Корея, Австралія, Афганістан, Пакистан) та Африки (Чад, Нігер, Сомалі, Малі, Ангола, Зімбабве, Ефіопія, Замбія) з незначною кількістю захворювань, від 70 до 2000 осіб на мільйон населення.

Детальнішу інформацію про динаміку процесу можна отримати шляхом розрахунку добового приросту захворювань.

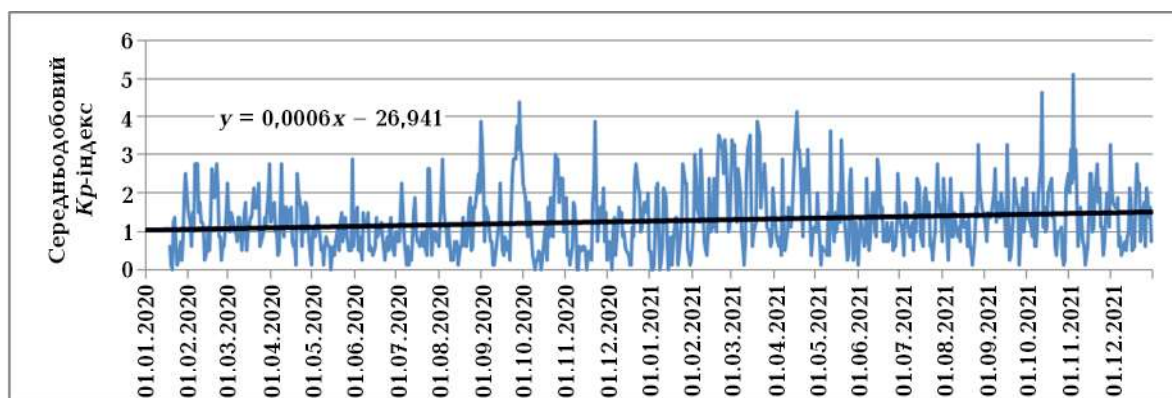


Рис. 2. Активність зовнішнього магнітного поля Землі — середньодобовий Kp -індекс. Жирною суцільною лінією зображено тренд збуреності зовнішнього геомагнітного поля.

Fig. 2. Earth's external magnetic field activity — average daily Kp -index. External geomagnetic field perturbation trend bold solid line shows.

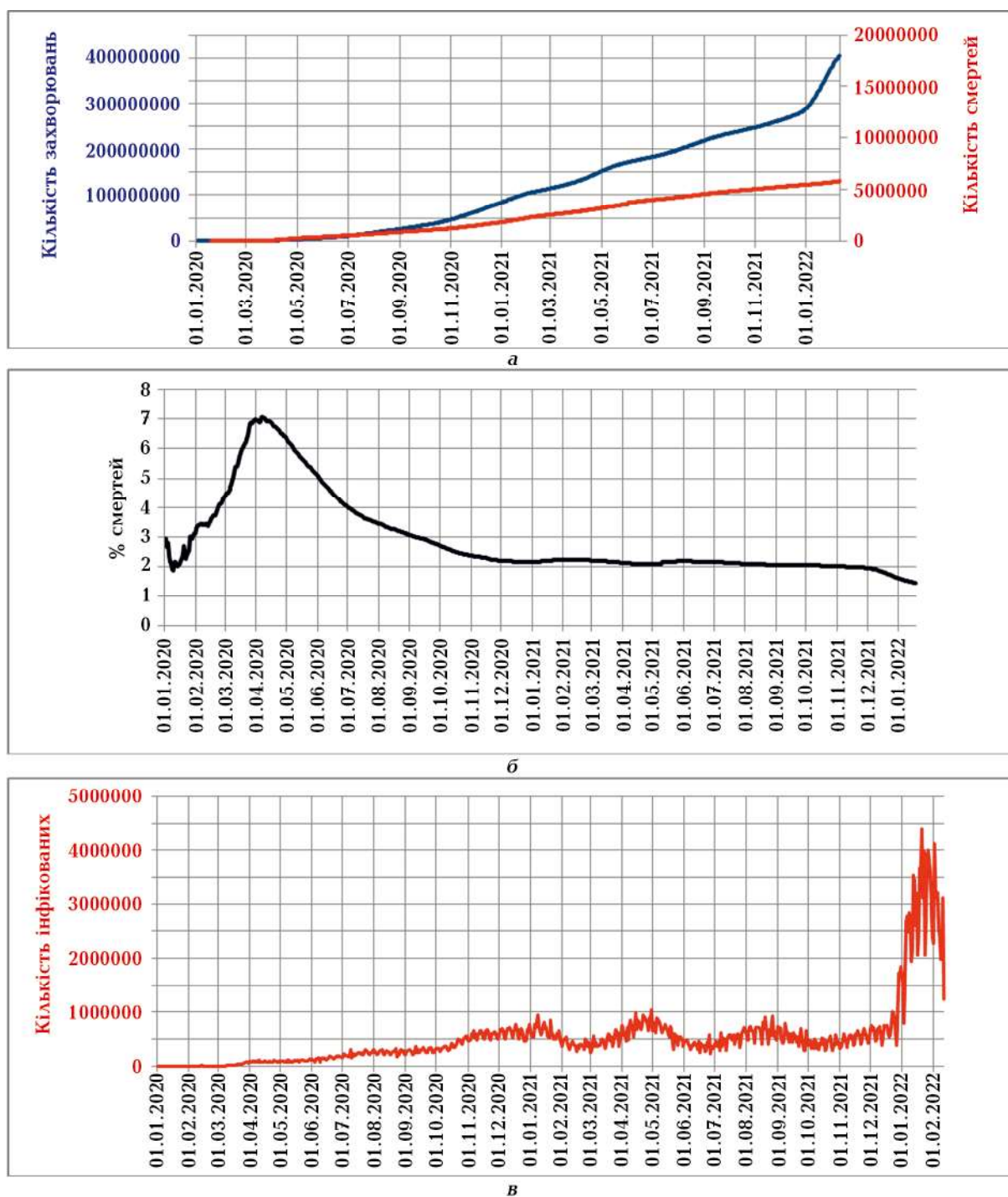
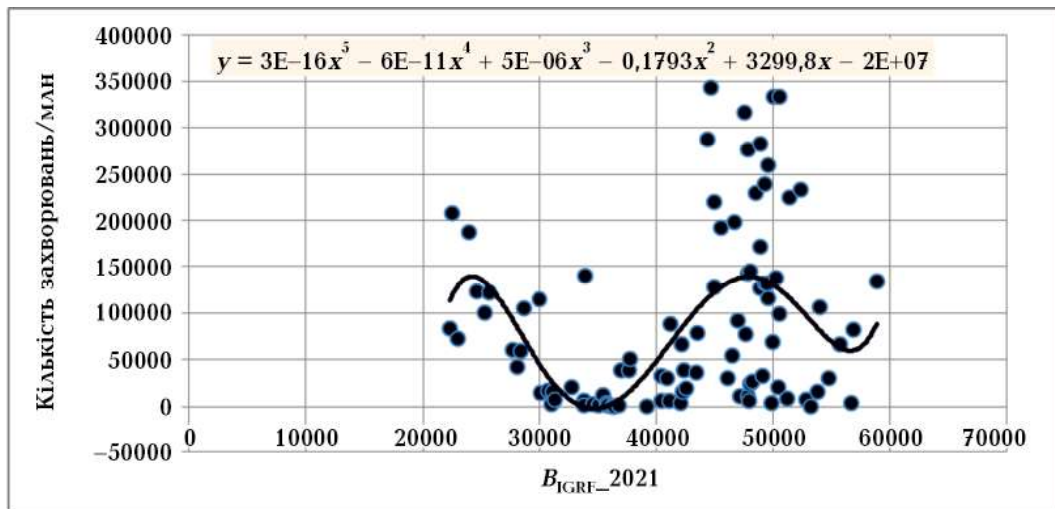


Рис. 3. Графік кількості захворювань на SARS-CoV-2 та смертельних випадків (а), відсоток смертності (б) і добовий приріст захворювань (в).

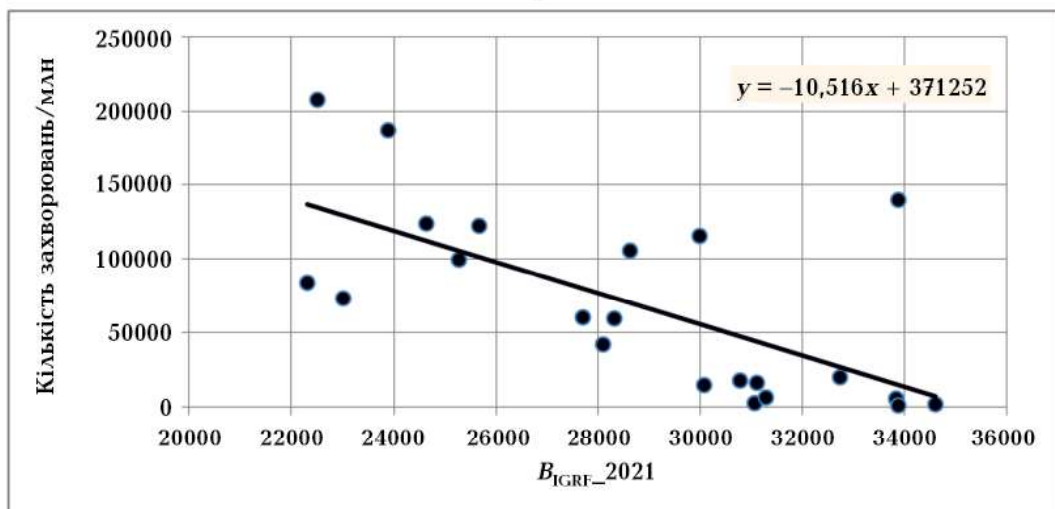
Fig. 3. SARS-CoV-2 cases and deaths numbers graph (a), mortality rate (b) daily diseases increase (v).

Згідно з розрахунком, добовий приріст захворювань суттєво змінюється для досліджуваного часового інтервалу, зокрема спостерігаються його максимуми (з 01.11.2020 по 01.02.2021, 01.04.2021 — 15.05.2021, з 01.08.2021 — 01.10.2021 та з 20.11.2021 і

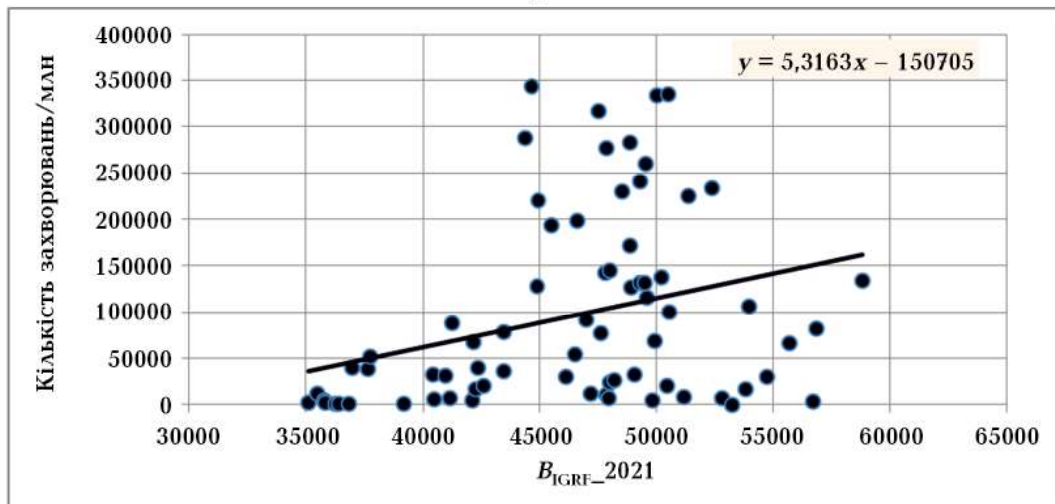
до 28.02.2022 (прогнозовано)), коли приріст становить 500000 — 800000 хворих на добу (хв/добу), та відносні мінімуми між максимумами з приростом 350000—450000 хв/добу (див. рис. 3, в). Для останнього максимуму характерно збільшення добового



a



б



в

Рис. 4. Залежність кількості хворих на 1 млн жителів від величини поля B_{IGRF} (а), в областях з величиною поля 24,0—35,0 мкТл (б) і в областях з величиною поля 35,0—60,0 мкТл (в).

Fig. 4. patients per 1 million inhabitants on the field size B_{IGRF} dependence (а), field size of 24.0—35.0 μ T areas (б) field size of 35.0—60.0 μ T areas(в).

Т а б л и ц я 1. Числова характеристика геомагнітного поля та кількості хворих на SARS-CoV-2 для країн світу

Країна	Кількість населення	ВІGRF_2021	ВІGRF_1950	ВІGRF_2021—1950	Хворі на 25.04.2020	Хворі на 12.04.2021	Хворі на 07.02.2022	25.04.2020 хворих/1 млн	12.04.2021 хворих/1млн	07.02.2022 хворих/1 млн
Австралія	25972513	53987,82	54531,28	-543,46	6695	28425	2750562	257,77	1094,43	105902,8058
Австрія	9088513	48548,55	46478,97	2069,58	15148	360815	2084227	1666,72	39700,11	229325,4133
Азербайджан	10285187	49937,57	48089,52	1848,05	1592	218700	703334	154,79	21263,59	68383,20003
Албанія	2872775	46990,00	44772,73	2217,27	678	58316	264624	236,01	20299,54	92114,41899
Алжир	45115385	40459,26	38908,85	1550,41	3127	99610	257976	69,31	2207,89	5718,138059
Ангола	34497050	31058,65	33028,41	-1969,76	25	17553	98364	0,72	508,83	2851,374248
Аргентина	45858367	23895,77	28225,43	-4329,66	3607	1625514	8589879	78,66	35446,40	187313,2334
Афганістан	40327717	49824,84	48509,23	1315,61	1463	51526	166924	36,28	1277,68	4139,187944
Бангладеш	167310650	47193,08	45882,74	1310,34	4998	513510	1870901	29,87	3069,20	11182,1991
Бельгія	11670224	48899,25	46903,17	1996,08	45325	646496	3296038	3883,82	55397,05	282431,4255
Білорусь	9444356	51194,04	49115,52	2078,52	9590	194284	78326	1015,42	20571,44	8293,418842
Болгарія	6864843	48016,55	45927,27	2089,28	1234	202266	995436	179,76	29464,04	145004,9185
Болівія	11927347	23017,80	26827,96	-3810,16	807	160124	871749	67,66	13424,95	73088,25676
Боснія і Герцеговина	3248202	47865,43	45738,51	2126,92	1421	110985	35693	437,47	34168,13	10988,54074
Ботсвана	2427430	28626,49	33039,89	-4413,4	22	14805	256041	9,06	6099,04	105478,2218
Бразилія	214973669	24635,69	27904,48	-3268,79	54043	7675973	26536597	251,39	35706,57	123441,1504
Великобританія	68455848	49529,36	47773,6	1755,76	143464	2496235	17803325	2095,72	36464,89	260070,1842
Венесуела	28307169	30787,75	37421,69	-6633,94	318	113558	496283	11,23	4011,63	17532,06052
Вірменія	2972094	49520,29	47677,41	1842,88	1677	159409	391588	564,25	53635,25	131754,9176
Габон	2309555	32740,19	32265,76	474,43	172	9571	47247	74,47	4144,09	20457,18764
Гватемала	18444714	37621,90	43305,23	-5683,33	430	138012	711076	23,31	7482,47	38551,74984
Гондурас	10156178	36962,75	42917,32	-5954,57	591	121827	397548	58,19	11995,36	39143,46519
Греція	10341682	46645,33	44556,65	2088,68	2490	138850	2047849	240,77	13426,25	198018,9489

Країна	Кількість населення	ВІGRF_2021	ВІGRF_1950	ВІGRF_2021—1950	Хворі на 25.04.2020	Хворі на 12.04.2021	Хворі на 07.02.2022	25.04.2020 хворих/1 млн	12.04.2021 хворих/1 млн	07.02.2022 хворих/1 млн
Грузія	3976929	50010,89	48052,12	1958,77	456	227420	1325838	114,66	57184,83	333382,3661
Данія	5824798	50489,14	48382,84	2106,3	8210	164116	1947091	1409,49	28175,40	334276,1414
Домінікана	11021701	37718,00	45518,95	-7800,95	5749	170785	562613	521,61	15495,34	51045,93202
Еквадор	18070918	28107,55	33134,15	-5026,6	22719	212512	766398	1257,21	11759,89	42410,57372
Ефіопія	119508124	35760,75	35527,07	233,68	117	124264	466539	0,98	1039,80	3903,826655
Єгипет	105416079	42126,30	40315,9	1810,4	4092	138062	439651	38,82	1309,69	4170,625622
Ємен	30874517	39159,67	38271,97	887,7	1	2099	11166	0,03	67,98	361,6574795
Замбія	19205402	31120,06	33999	-2878,94	84	20725	307317	4,37	1079,12	16001,59164
Зімбабве	15208483	30075,97	33735,62	-3659,65	29	13867	230402	1,91	911,79	15149,57146
Йорданія	10364956	44914,57	43096,65	1817,92	441	294494	1330107	42,55	28412,47	128327,3175
Ізраїль	9326000	44654,33	43021,34	1632,99	15148	423262	3196548	1624,28	45385,16	342756,5945
Індія	1401680124	46127,01	45043,97	1083,04	24530	10266674	42272014	17,50	7324,55	30158,10332
Індонезія	278144234	42237,32	41953,17	284,15	8607	743198	4542601	30,94	2671,99	16331,81797
Ірак	41663189	46532,05	44784,15	1747,9	1708	595291	2253484	41,00	14288,18	54088,13041
Іран	85710180	47621,79	46168,6	1453,19	88194	1225142	6619085	1028,98	14294,01	77226,35748
Ірландія	5025898	49302,73	47800,32	1502,41	18184	91779	1205914	3618,06	18261,21	239940,0067
Іспанія	46783720	44939,45	43693,83	1245,62	219764	1928265	10274653	4697,45	41216,58	219620,2653
Італія	60319735	45502,00	43566,72	1935,28	192994	2107166	11621736	3199,52	34933,28	192668,8836
Казахстан	19135477	56693,82	54043,34	1650,48	2525	201196	1270954	131,95	10514,29	66418,7258
Канада	38270858	56861,52	58970,06	-2108,54	43888	584409	3125330	1146,77	15270,34	81663,44219
Кенія	55661920	33841,98	34678,1	-836,12	336	96458	322151	6,04	1732,93	5787,637221
Киргизстан	6696084	54760,91	53231,35	1529,56	665	81034	199519	99,31	12101,70	29796,37054
Китай	1439323776	53232,22	52314,92	917,3	82816	95963	106419	57,54	66,67	73,93680406
Колумбія	51749299	29981,71	36104,32	-6122,61	4881	1642775	5966706	94,32	31744,87	115300,2285

ПОШИРЕННЯ ВІРУСУ SARS-COV-2 ЗАЛЕЖНО ВІД МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ

Країна	Кількість населення	ВІGRF_2021	ВІGRF_1950	ВІGRF_2021—1950	Хворі на 25.04.2020	Хворі на 12.04.2021	Хворі на 07.02.2022	25.04.2020 хворих/1 млн	12.04.2021 хворих/1 млн	07.02.2022 хворих/1 млн
Коста-Ріка	5168437	33872,67	39845,35	-5972,68	687	169321	721971	132,92	32760,58	139688,459
Лівія	7020533	41127,57	39439,07	1688,5	61	100277	45295	8,69	14283,39	6451,789344
Мавританія	4844679	35467,29	35343	124,29	7	14364	58458	1,44	2964,90	12066,43412
Мадagasкар	28827009	34597,54	34818,49	-220,95	122	17714	61434	4,23	614,49	2131,126403
Малайзія	33028384	41253,26	40819,47	433,79	5742	113010	2914220	173,85	3421,60	88233,8052
Малі	21181396	35099,14	34378,78	720,36	325	7090	30205	15,34	334,73	1426,015547
Марокко	37609421	40961,62	40475,96	485,66	3758	439193	1147243	99,92	11677,74	30504,13884
Мексика	131096820	42366,46	47266,32	-4899,86	12872	1426094	5151525	98,19	10878,17	39295,57559
Мозамбік	32652551	31286,66	34093,55	-2806,89	65	18642	224339	1,99	570,92	6870,489231
Молдова	4018979	49617,50	47521,83	2095,67	3110	144818	467271	773,83	36033,53	116266,0964
Монголія	3362598	58839,67	58427,86	411,81	37	1220	449531	11,00	362,81	133685,6205
Намбія	2614379	28320,30	32439,27	-4118,97	16	23941	156371	6,12	9157,43	59811,90944
Непал	29973581	49049,93	47705,17	1344,76	49	260593	967427	1,63	8694,09	32275,98998
Нігер	25603825	36233,88	35135,03	1098,85	681	3323	8686	26,60	129,79	339,2461868
Нігерія	214293255	33868,56	32931,73	936,83	1095	87607	253727	5,11	408,82	1184,017668
Німеччина	84212064	49298,84	47169,75	2129,09	155054	1760520	11071070	1841,23	20905,79	131466,5557
Нова Зеландія	5002100	56707,03	58753,95	-2046,92	1461	2162	17988	292,08	432,22	3596,089642
Норвегія	5488972	53834,20	51709,86	2124,34	7463	49567	89356	1359,64	9030,29	16279,1867
Оман	5313880	42174,74	41307,7	867,04	1905	128867	354597	358,50	24251,02	66730,3364
Пакістан	227740176	47955,77	46903,49	1052,28	11940	482178	1463111	52,43	2117,23	6424,474705
Панама	4423239	33000,67	38759,77	-5759,1	5338	246790	727413	1206,81	55793,96	164452,5652
ПАР	60503129	27718,00	32288,03	-4570,03	4220	1057161	3623962	69,75	17472,83	59897,10053
Парагвай	7272489	22301,26	25255,78	-2954,52	223	107932	607947	30,66	14841,14	83595,4513
Перу	33705451	25268,08	29962,93	-4694,85	21648	1015137	3363489	642,27	30117,89	99790,65404

Країна	Кількість населення	ВІGRF_2021	ВІGRF_1950	ВІGRF_2021—1950	Хворі на 25.04.2020	Хворі на 12.04.2021	Хворі на 07.02.2022	25.04.2020 хворих/1 млн	12.04.2021 хворих/1млн	07.02.2022 хворих/1 млн
Південна Корея	51339700	50480,50	49794,75	685,75	10718	61769	1044963	208,77	1203,14	20353,89767
Польща	37780363	50202,28	47984,23	2218,05	11067	1294878	5188184	292,93	34273,84	137324,8849
Португалія	10149191	44386,00	43573,58	812,42	22797	413678	2915971	2246,19	40759,70	287310,6832
Румунія	19032577	48939,52	46854,36	2085,16	10635	632263	2418779	558,78	33220,04	127086,2585
Саудівська Аравія	35679734	42586,13	41139,33	1446,8	15102	362741	712644	423,27	10166,58	19973,35518
Сомалі	16600677	35801,56	35775,45	26,11	328	4714	26067	19,76	283,96	1570,237166
Судан	45483322	36844,23	36046,75	797,48	174	25500	58874	3,83	560,65	1294,408531
США	334104170	52377,16	55998,46	-3621,3	925758	20099090	78017402	2770,87	60158,15	233512,2067
Таїланд	70079878	43454,09	42186,63	1267,46	2907	7163	2507471	41,48	102,21	35780,18501
Туніс	12016182	43474,43	41665,88	1808,55	922	139140	944175	76,73	11579,39	78575,29122
Туреччина	85788865	47827,74	45863,66	1964,08	104912	2208652	12238501	1222,91	25745,21	142658,3858
Угорщина	9621147	48883,27	46682,34	2200,93	2443	322514	1650562	253,92	33521,37	171555,6368
Узбекистан	34243909	52794,10	51150,03	1644,07	1836	77060	229628	53,62	2250,33	6705,659684
Україна	43313820	50536,53	48428,87	2107,66	8125	1086997	4307437	187,58	25095,85	99447,17414
Уругвай	3492968	22504,75	25445,93	-2941,18	563	19119	726042	161,18	5473,57	207858,1882
Філіппіни	111910688	40444,14	39738,51	705,63	7294	474064	3616387	65,18	4236,09	32314,9385
Франція	65504333	47519,31	45771,91	1747,4	159828	2677666	20758371	2439,96	40877,69	316900,7308
Хорватія	4064804	48027,50	45933,67	2093,83	2009	210837	98505	494,24	51868,92	24233,64079
Чад	17177837	36392,50	35324,58	1067,92	40	2113	7155	2,33	123,01	416,525084
Чилі	19378372	25675,62	30652,43	-4976,81	12306	608973	2371833	635,04	31425,40	122395,8855
Швейцарія	8755750	47883,40	45921,52	1961,88	28677	452296	2423270	3275,22	51657,03	276763,2699
Швеція	10199889	51361,00	49181,47	2179,53	17567	437379	2287785	1722,27	42880,76	224295,0879
Японія	125857649	48218,75	47648,83	569,92	12829	235811	3300589	101,93	1873,63	26224,77876

приросту до 4000000 хв/добу на кінець січня 2022 р.

Отже, виходячи з наведеного вище, спостерігається лавиноподібне збільшення кількості хворих та померлих на планеті, але слід вказати на суттєву просторово-часову нерівномірність щодо кількості захворювань та летальності в окремих регіонах та часових інтервалах. У просторовому відношенні максимальна кількість захворювань характерна для країн Центральної та Північної Америки і Європи, а в часовому вимірі максимуми приблизно приурочені до осіннього сонцестояння (листопад — січень), весняного періоду (квітень — травень), а також — осіннього рівнодення (вересень — жовтень).

Зв'язок захворювань громадян на SARS-CoV-2 з магнітним полем Землі. У табл. 1 наведено назви країн, кількість населення, величина поля B_{IGRF} , його часових змін та загальна кількість хворих (і нормованих на 1млн населення) на SARS-CoV-2 для різних часових інтервалів.

Для аналізу зв'язку захворюваності громадян на вірус SARS-CoV-2 з просторовими особливостями геомагнітного поля було використано статистичні дані на різні пері-

оди (25.04.2020; 12.04.2021 та 07.02.2022) як такі, що відображають певні стадії поширення (до вакцинації і під час інтенсивної вакцинації) коронавірусу.

Результати досліджень. Насамперед слід звернути увагу на те, що максимальна кількість захворювань припадає на райони з мінімальними та максимальними величинами геомагнітного поля планети Земля, що добре демонструється апроксимацією даних поліноміальною кривою 5-го ступеня (рис. 4). Такий розподіл засвідчує, що кореляційну залежність слід розраховувати для країн, які розташовані в області, де поле менше або більше 35,0 мкТл. З урахуванням цього на час 07.02.2022 коефіцієнт кореляції кількості громадян хворих на вірус SARS-CoV-2 з полем B_{IGRF} дорівнює: $r=0,67$ для країн Південної Америки та півдня Африки, які розташовані в областях з величиною поля 24,0—35,0 мкТл, та $r=0,30$ для країн Північної Америки, Євразії та півночі Африки і Австралії з полем 35,0—60,0 мкТл. Близька залежність характерна і для часових зрізів 25.04.2020 та 12.04.2021.

Зазначимо, що в першому наближенні отримана закономірність доволі добре узгоджується з пропозицією авторів

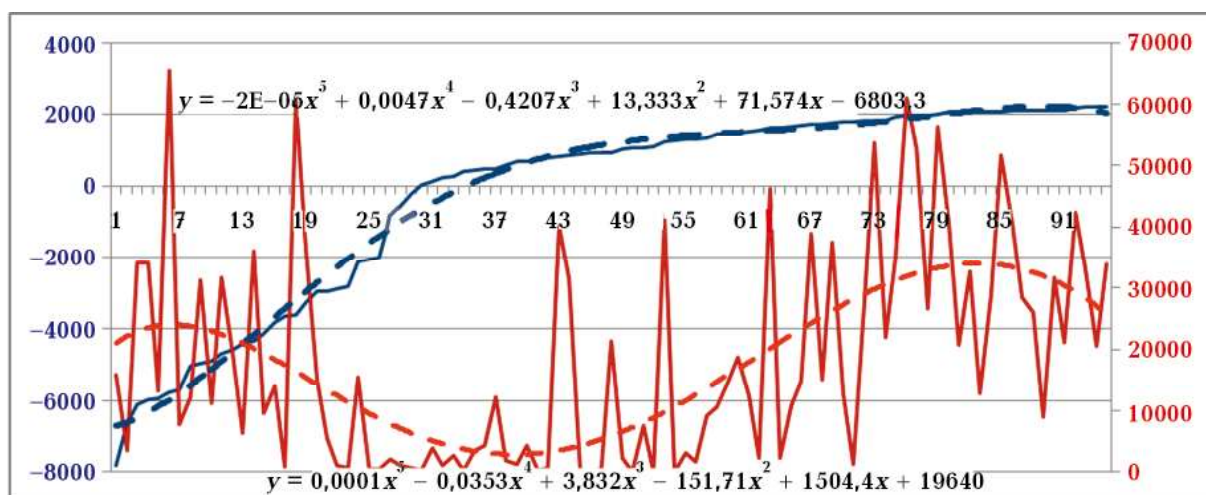
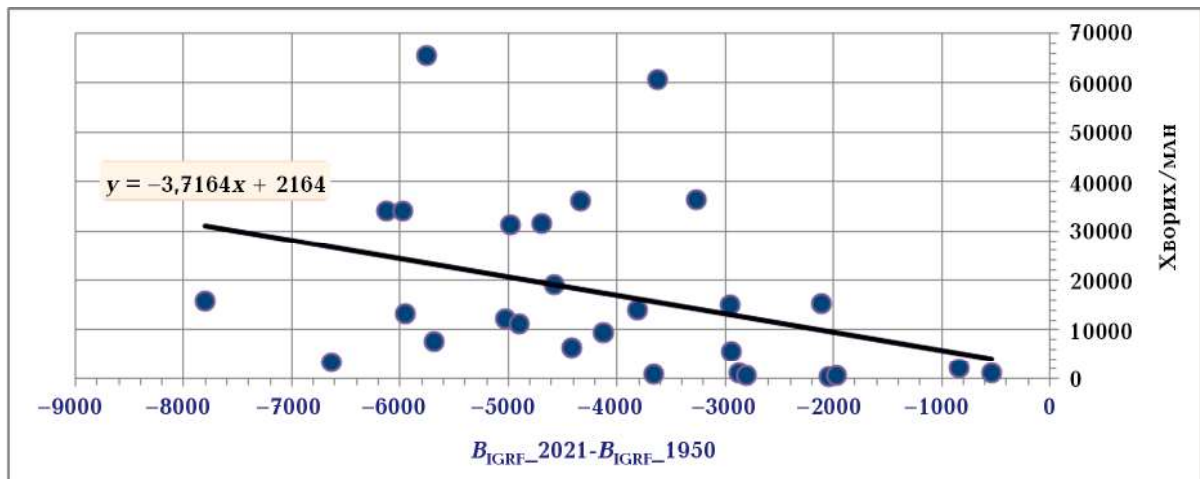
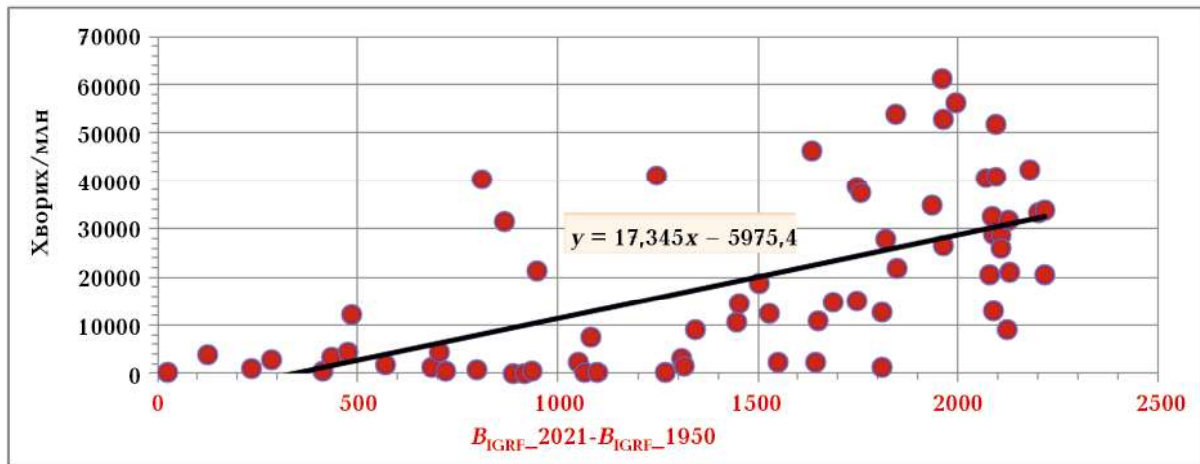


Рис. 5. Зіставлення кількості хворих на SARS-CoV-2 (права шкала, червона суцільна лінія, пунктирна лінія — лінія тренду (поліноміальна апроксимація поліномом 5-го ступеня)) зі зміною геомагнітного поля за 71 рік (ліва шкала у нанотеслах, синя суцільна лінія, пунктирна лінія — лінія тренду (поліноміальна апроксимація поліномом 5-го ступеня)).

Fig. 5. Comparison of SARS-CoV-2 patients number (right scale, red solid line, dotted line — trend line (polynomial approximation by 5 degree polynomial)) with 71 years geomagnetic field change (left scale in nanotesla, blue solid line, dotted line — trend line (polynomial approximation by a polynomial of degree 5)).



а



б

Рис. 6. Кількість захворювань на SARS-CoV-2 у країнах світу залежно від їх розташування в областях з від'ємними (а) та додатними (б) значеннями динаміки геомагнітного поля за 71 рік.

Fig. 6. The number of SARS-CoV-2 diseases in the world, depending on their location in areas with negative (a) and positive (б) values of geomagnetic field dynamics for 71 years.

[Орлюк, Роменець, 2005] стосовно норми гармонійного в екологічному плані геомагнітного поля в межах 45 ± 10 мкТл, особливо щодо нижньої її межі.

Більш складна картина спостерігається для зіставлення захворюваності людей на SARS-CoV-2 у зв'язку з часовою зміною геомагнітного поля за 71 рік, що досягають значних величин у бік як зменшення, так і суттєвого збільшення (див. рис. 1, в, 5, табл. 1).

Як можна бачити з рис. 5, підвищена кількість захворювань пов'язана як зі значними від'ємними, так і додатними змінами геомагнітного поля, а для незначних

змін у межах $-2500 \div 1500$ нТл характерна незначна кількість захворювань (10000—15000 на 1 млн населення). За цього крива тренду кількості захворювань людей на SARS-CoV-2 може бути апроксимована поліномом 5-го ступеня ($y = 0,0001x^5 - 0,0353x^4 + 3,832x^3 - 151,71x^2 + 1504,4x + 19640$), а крива динаміки геомагнітного поля за 71 рік — рівнянням $y = -2E-05x^5 + 0,0047x^4 - 0,4207x^3 + 13,333x^2 + 71,574x - 6803,3$.

Рис. 5 ілюструє, що криві тренду геомагнітного поля та захворюваності на SARS-CoV-2 повністю підтверджують висновок щодо виявленого зв'язку.

Згідно з цим було прораховано кореля-

ційні залежності кількості захворювань від часових змін геомагнітного поля для країн, що розташовані в області від'ємних та додатних величин. На рис. 6 представлено графік кореляційної залежності з кількістю хворих для країн, розташованих в областях з від'ємними та додатними змінами поля.

Відповідно до зазначеного, було прораховано кореляційні залежності кількості захворювань від величини змін геомагнітного поля для країн, що розташовані в області від'ємних та додатних його величин. На рис. 6 наведено графік кореляційної залежності для країн, розташованих в областях з від'ємними та додатними змінами поля.

Згідно з розрахунками, коефіцієнт кореляції кількості захворювань для країн, що розташовані у зонах від'ємних значень ди-

наміки геомагнітного поля (на 12.04.2021) дорівнює $r=0,4$, а для областей з додатними величинами $r=0,62$, що засвідчує зв'язок між досліджуваними параметрами.

В останній момент, практично вже після написання статті, була опублікована фундаментальна праця Інституту Якості та Оцінки Здоров'я (The Institute for Health Metrics and Evaluation) під керівництвом д-ра Хайдун Вана (Dr Haidong Wang) стосовно надлишкової смерті за час пандемії SARS-CoV-2. В ній зроблено висновок щодо збільшення кількості смертей приблизно у 3 рази більше відносно офіційної статистики (близько 18,2 млн смертей для періоду 01.01.2020—31.12.2021) [COVID-19, Excess, 2022].

За цього найбільше перевищення рівня смертності, спровокованого COVID-19

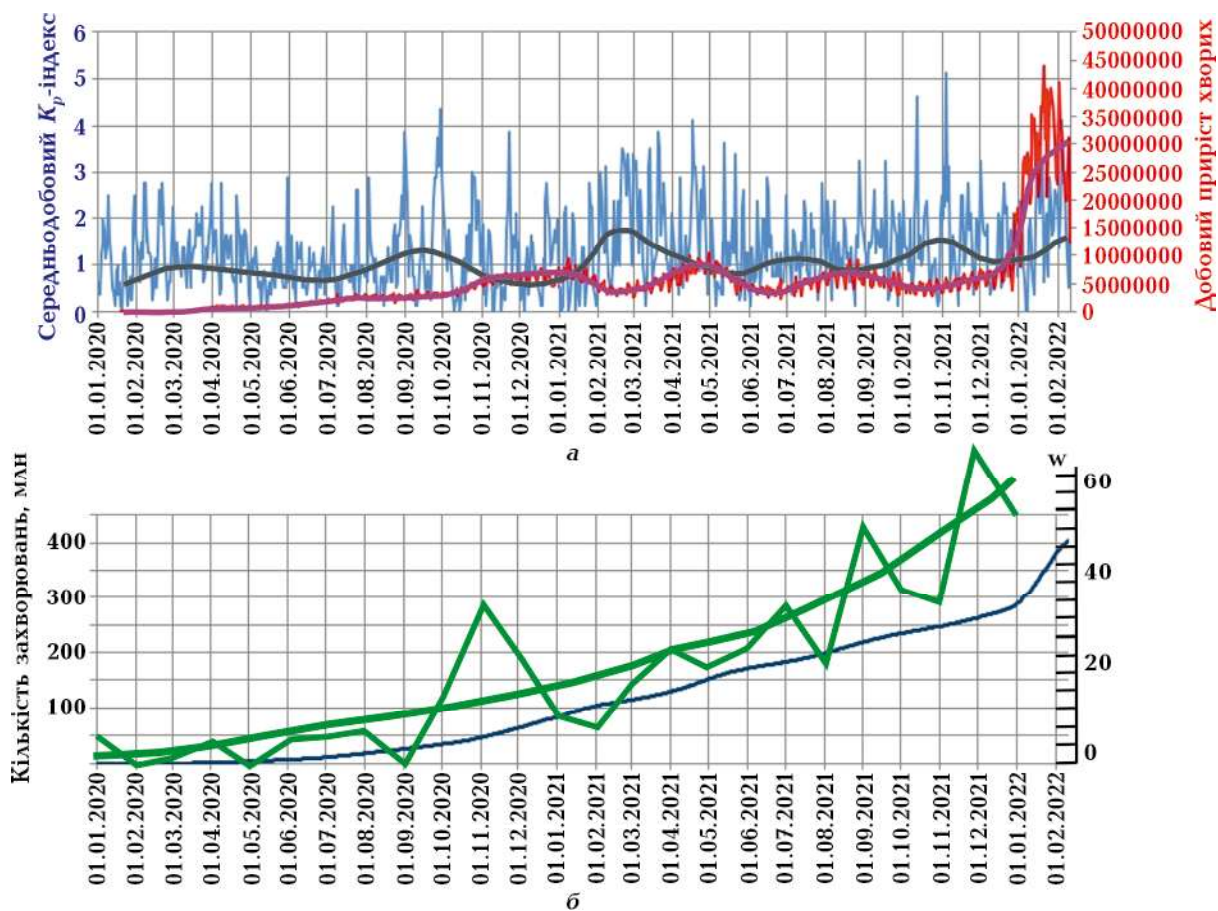


Рис. 7. Зіставлення добового приросту захворюваності (права шкала) з геомагнітною активністю (K_p -індексом) (ліва шкала) (а) та сонячною активністю (б).

Fig. 7. Comparison of daily increase in morbidity (right scale) with geomagnetic activity (K_p -index) (left scale) (a) and solar activity (b).

спостерігалось на півдні США, в Мексиці, країнах Латинській Америки (Бразилії, Перу), Південної Африки (Ботсвана, Намібія) та Східної і Центральної Європи. Порівняно низьким рівнем надлишкової смертності характеризуються країни Східної Азії та Азіатсько-Тихоокеанського регіону (Австралія, Сінгапур, Нова Зеландія та ін.). Принципово важливим є те, що регіони та країни з різними рівнями надлишкової смертності повністю узгоджуються з їх розташуванням стосовно величини геомагнітного поля B_{IGRF} та його динаміки, що підтверджує наведені вище кореляційні залежності для кількості захворювань на SARS-CoV-2.

Зіставлення динаміки поширення захворювань на SARS-CoV-2 з Kp -індексом збуреності геомагнітного поля та сонячною активністю показує практичну відсутність такого зв'язку. Можна тільки зазначити, що намічається певний якісний зв'язок максимумів добового приросту захворювань з мінімумами магнітної активності (рис. 7, а). Поряд з тим спостерігається збільшення кількості хворих зі зростанням сонячної активності (див. рис. 2, а та 7, б). Зауважимо, що зв'язок епідемій та пандемій із сонячною активністю широко дискутується, починаючи з праць

Чижевського [Чижевский, 1930], зокрема вказується на збіг їх початку з екстремумами сонячної активності [Nasirou et al., 2021]. На противагу геомагнітному полю, яке діє «безпосередньо в точці розміщення біоти», для зв'язку із сонячною активністю потрібно шукати певні механізми «опосередкованого» впливу.

Отже, можна говорити про наявність кореляційної залежності кількості захворювань у світі на вірус SARS-CoV-2 від внутрішнього магнітного поля Землі і його просторово-часових змін та незначний зв'язок від сучасних його збурень за рахунок зовнішніх джерел та сонячної активності. Втім потрібно зауважити, що відповідність на якісному рівні часових максимумів прояву захворювань на коронавірус з відносними мінімумами геомагнітної та сонячної активності може мати деякий прихований зв'язок, оскільки початок пандемії припадає на складний мінімум, який можна вважати суперпозицією мінімумів 11-річним (між 24 і 25) та 110 (120?)-річним циклом сонячної активності, що було зазначено також у статті [Рагульская, 2021]. За цього суто візуально бачимо, що зростання кількості захворювань добре корелює із зростанням сонячної активності 25-го циклу (див. рис. 7, б). Зауважимо, що

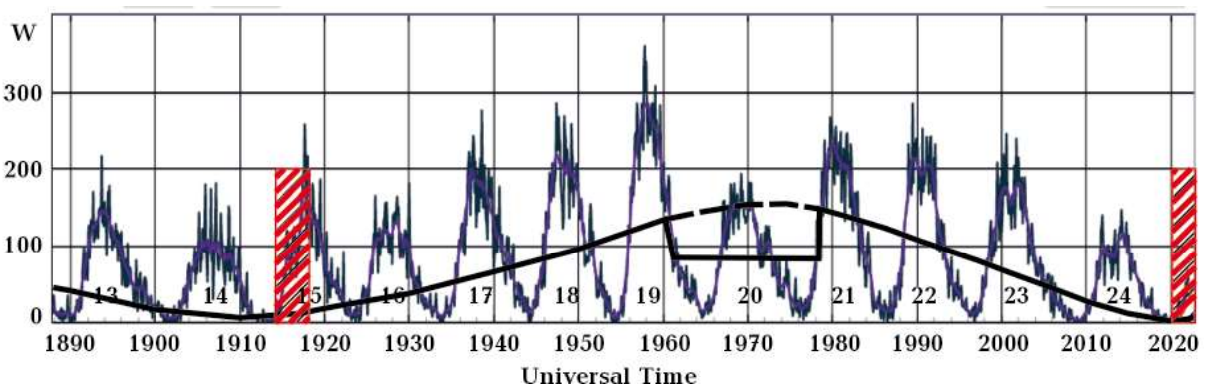


Рис. 8. Сонячна активність у числах Вольфа (W) за даними [https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression]. Чорна крива — місячні значення; фіолетова — осереднена за місячними значеннями; чорна та чорна з пунктиром — тренд зміни сонячної активності; червоні заштриховані ділянки — час виникнення та перебігу пандемій: «Іспанки» (1914—1919) та SARS-CoV-2 (2019—донині).

Fig. 8. Solar activity in Wolf numbers (W) according to [www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression]. Black curve — monthly values; purple — averaged over monthly values; black and black with a dotted line — the trend of changing solar activity); red shaded areas — the time of occurrence and course of pandemics: «Spanish» (1914—1919) and SARS-CoV-2 (2019 — to the present).

пандемія «Іспанки» також була приблизно 100 років тому і на фазі зростання 15-го циклу сонячної активності (рис. 8).

Щодо механізму взаємозв'язку захворювань на SARS-CoV-2 та геомагнітного поля. Виявлена кореляція захворювання на SARS-CoV-2 з абсолютними значеннями поля B_{IGRF} та його динамікою за 71 рік дає змогу зробити припущення щодо впливу на цей процес як квазіпостійного геомагнітного поля, так і його зміни за останні десятиріччя. Безпосередньо запропонувати однозначний механізм такого зв'язку практично неможливо, оскільки це потребує цілеспрямованого вивчення саме цього вірусу, який тим більш зазнає мутацій і появи нових різновидів. Можна зазначити, що на теперішній час є надзвичайно велика кількість праць, які засвідчують реакцію організму людини, окремих його органів та систем (включно з нервовою системою та мозком) на зовнішнє електромагнітне (магнітне) поле [Холодов, 1975, 1982; Сердюк, 1977; Любимов, 1997; Птицына и др., 1998], але за цього переважна кількість праць присвячена дослідженням його впливу у спектрі коливань 0,01—100 Гц. Окремо можна виділити вплив статичного та змінного магнітних полів у певному діапазоні частот та інтенсивності на імунну систему людини, а саме на моноцити, макрофаги й Т-клітини [Lei et al., 2020].

Можна також послатися на публікації, в яких висвітлено питання щодо можливої реакції організму людини на зовнішнє постійне та змінне магнітне поле. Зокрема, у працях [Kirschvink, Gould, 1981; Johnsen, Lohmann, 2008] з використанням власних досліджень та аналізу численних літературних джерел показано, що чутливість до магнітного поля (магніторецепція) характерна для бактерій, найпростіших, риб, птахів та різноманітних тварин. За цього магніторецепція біологічних об'єктів на геомагнітне поле відбувається за рахунок **електромагнітної індукції, наявності феромагнітних частинок у різних органах і тканинах та біохімічних реакцій**. В останній час експериментально виявлено сенсорну систему людини щодо впливу

магнітного поля земної величини на альфа-коливання (8—13 Гц) мозку людини [Wang et al., 2019]. Цікавим є той факт, що людина реагує на зовнішнє змінне магнітне поле тільки з урахуванням величини та напрямку постійного поля, в якому вона проживає. Якщо врахувати фактор часу, який неможливо відтворити в експерименті, то за цими даними можна частково пояснити отриману нами просторово-часову закономірність поширення коронавірусу стосовно геомагнітного поля. Тут необхідно враховувати, що магнітне поле може впливати не тільки безпосередньо на біологічні структури, а й на компоненти, що їх оточують, насамперед на воду та водні розчини [Классен, 1978; Курников, Орлюк, 2011; Засекін та ін., 2013]. Інакше кажучи, можна зробити припущення щодо опосередкованого впливу на стан людини води, яка по-різному «омагнічується» магнітним полем у різних регіонах планети. Стосовно певного зв'язку захворювань на SARS-CoV-2 з *Kp*-індексом, який відображає збурення зовнішнього геомагнітного поля, то він може бути опосередкованим. Відомо, що під час сонячної і, відповідно, магнітної активності частково «блокується» галактичне космічне випромінювання, і навпаки під час мінімуму їх інтенсивність зростає із збільшенням мутагенної та регуляторної ролі для біосфери [Рагульская, 2021]. Звичайно те, що на процес поширення коронавірусу впливає багато факторів зовнішнього середовища, насамперед температура і вологість [Бойченко та ін., 2020] та соціальні умови [Комісаренко, 2020], немає сумніву. Втім з урахуванням наведеного вище слід звернути увагу і на геомагнітне поле, як на один із вагомих чинників довкілля, що дає суттєві підстави для подальших досліджень спільно з біологами та медиками.

Висновки. У статті на основі аналізу великого масиву цифрових даних для 95 країн світу викладено результати дослідження щодо можливого зв'язку поширення вірусу SARS-CoV-2 з магнітним полем Землі. Для цього викладено фактичні дані як для параметрів геомагнітного поля, так і щодо захворювання на коронавірус. Це дає змо-

гу, на наш погляд, отримати достовірні результати їх інтерпретації, які зводяться до такого.

Встановлено залежність просторового поширення вірусу SARS-CoV-2 від модульних значень індукції головного магнітного поля Землі B_{IGRF} . Максимальна кількість захворювань припадає на країни, які розташовані в регіонах зі знизженими (25,0—30,0 мкТл) та підвищеними (48,0—55,0 нТл) величинами, з більшою кореляцією для першого випадку.

Виявлено просторову залежність поширення вірусу SARS-CoV-2 від динаміки геомагнітного поля за 71 рік, а саме максимальну кількість захворювань зафіксовано в областях з максимальними його змінами, у бік як зменшення (до –6500 нТл), так і збільшення (до 2500 нТл), із більш значною кореляцією для країн, розташованих в областях зростання геомагнітного поля.

Зіставлення динаміки поширення захворювань на SARS-CoV-2 з Kp -індексом збудженості геомагнітного поля показує практичну відсутність такого зв'язку. Можна визначити тільки на якісному рівні певну закономірність стосовно приуроченості максимумів добового приросту захворювань до відносних мінімумів сучасної геомагнітної активності, що, можливо, зу-

мовлено зростанням у цей період інтенсивності галактичного космічного випромінювання.

Показано зв'язок динаміки процесу захворювання SARS-CoV-2 із сонячною активністю, а саме: початок пандемії припадає на суперпозицією мінімумів 11-річних (між 24 і 25) та 110 (120?) — річних циклів сонячної активності. При цьому зростання кількості захворювань добре корелює із зростанням сонячної активності 25-го циклу. Подібним співвідношенням характеризувалася пандемія «Іспанки», яка виникла близько 110 років тому у мінімумі між 14-м і 15-м циклами та відбувалася на фазі росту 15-го циклу сонячної активності.

Автори дослідження сподіваються, що наведені фактичні дані щодо стану та динаміки геомагнітного поля на час виникнення і поширення вірусу SARS-CoV-2 та отримані найбільш загальні закономірності стосовно їх взаємозв'язку для планети в цілому стануть підґрунтям для подальших досліджень у межах окремих регіонів і країн. Проте звичайно, що головна проблема подальших досліджень полягає у пошуку механізмів виявленого зв'язку, тому викладені результати є підставою для подальших спільних досліджень з науковцями суміжних наукових галузей.

Список літератури

- Бойченко С.Г., Голубка О.С., Карамушка В.И., О влиянии условий окружающей среды на распространение вируса SARS-CoV-2 в Украине. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 5. С. 205—232. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215085>.
- Засєкін Д.А., Орлюк Т.М., Орлюк М.І. Вивчення впливу геомагнітного поля та намагніченої води на технологічні показники курчат-бройлерів. *Ветеринарна біотехнологія*. 2013. Вип. 22. С. 170—175.
- Классен В.М. Омагничивание водных систем. Москва: Химия, 1978. 240 с.
- Комісаренко С.В. Світова коронавірусна криза. Київ: ЛАТ&К, 2020. 120 с.
- Копанев В.И., Ефименко Г.Д., Шакула А.В. О биологическом действии на организм гипомангнитной среды. *Изв. АН СССР. Сер. биол.* 1979. № 3. С. 342—353.
- Куликов В.Ю., Тимофеева Е.С. Оценка сочетанного влияния различных вариаций геомагнитного и радиационного полей на осмотическую резистентность эритроцитов человека в условиях in VITRO. *Медицина и образование в Сибири*. 2011. № 4. С. 12—20.
- Курников Ю.А., Орлюк М.И. Магнитоминералогическая характеристика, классификация и использование природных магнитных песков. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 1. С. 39—53. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i1.2011.117323>.
- Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных

- полей. (Аналитический обзор). Препринт № 7 (1103) Москва: ИЗМИРАН, 1997. 60 с.
- Медведева О.А., Калуцкий П.В., Беседин А.В., Медведева С.К., Калуцкий 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 (105). С. 5—11.
- Орлюк М.І. Геофізична екологія — основні задачі та шляхи їх розв'язку. *Геофіз. журн.* 2001. Т. 23. № 1. С. 49—59.
- Орлюк М.І., Мельник П.П., Роменец А.А., Лищетович Л.І. О влиянии магнитного поля Земли на урожайность озимой пшеницы на территории Украины. *Геофіз. журн.* 2012. Т. 34. № 2. С. 72—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i2.2012.116612>.
- Орлюк Т.М., Орлюк М.І. Про можливий зв'язок між захворюваністю ВРХ на лейкоз і природним магнітним полем Землі. *Наук. вісник Львів. нац. ун-ту ім. С.З. Гжицького*. 2012. Т. 14. № 2(52). С. 128—132.
- Орлюк М.І., Роменец А.А. Геомагнитное поле Украины: экологический аспект. *Геолог Украины*. 2003. № 1. С. 64—70.
- Орлюк М.І., Роменец А.А. Новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли и некоторые аспекты его использования. *Геофіз. журн.* 2005. Т. 27. № 5. С. 744—754.
- Орлюк М.І., Фролов А.Ф., Задорожная В.І., Роменец А.А. Возмущенность магнитного поля Земли и некоторые аспекты инфекционных заболеваний. *Геофіз. журн.* 2007. Т. 29. № 6. С. 148—156.
- Павлович Н.В., Павлович С.А., Галлиулин Ю.І. Биомангнитные ритмы. Минск: Университетское, 1991. 136 с.
- Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.І., Ючки Н., Тясто М.І. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля, как факторы, потенциально опасные для здоровья. *Успехи физ. наук*. 1998. Т. 168. № 7. С. 767—791.
- Рагульская М.В. Covid-19: особенности пандемии в условиях глобального минимума солнечной активности. *Proc. of the XLIV Annual Seminar «Physics of Auroral Phenomena»*. Apatity, 2021. С. 195—198. <https://doi.org/10.51981/2588-0039.2021.44.045>.
- Розов В., Пелевин Д., Левина С. Экспериментальное исследование явления ослабления статического геомагнитного поля в помещении. *Электротехника и электромеханика*. 2013. № 6. С. 72—76.
- Сердюк А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды. Киев: Наук. думка, 1977. 228 с.
- 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.
- Серпов В. Влияние природных магнитных полей на безопасность человека в областях геофизических аномалий Европейской части России: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 2007.
- Травкин М.П. Жизнь в магнитном поле. Белгород: Изд. Белгород. пед. ин-та, 1971. 192 с.
- Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. Москва: Наука, 1982. 64 с.
- Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. Москва: Наука, 1975. 208 с.
- Чижевский А.Л. Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца. Москва, 1930. 172 с.
- Фролов А.Ф., Орлюк М.І., Задорожная В.І., Роменец А.А. Эпидемический процесс гриппа и некоторые факторы биосферы физической природы. *Доп. НАН України*. 2009. № 1. С. 172—176.
- COVID-19 Excess Mortality Collaborators. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020—2021. (2022). *The Lancet*, 10. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02796-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02796-3).
- DGRF/IGRF. Mode of access: URL: DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1945—2024 and Related Parameters. Retrieved from https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf_vitmo.php.

- <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>
- <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>
- Kirschvink, J.L., & Gould, J.L. (1981). Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystems*, 13, 181—201. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(81\)90060-5](https://doi.org/10.1016/0303-2647(81)90060-5)
- Lei, H., Pan, Y., Wu, R., & Lv, Y. (2020). Innate Immune Regulation Under Magnetic Fields With Possible Mechanisms and Therapeutic Applications. *Frontiers in Immunology*, 22. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.582772>.
- Orlyuk, M., & Romenets, A., & Orlyuk, I. Natural and technogenic components of megalopolis magnetic field. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 1. С. 78—86. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i1.2016.107727>.
- Orlyuk, M.I., & Romenets, A.A. Spatial-temporal change of the geomagnetic field: environmental aspect. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 4. С. 18—38. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i4.2020.210670>.
- Nasirpour, M.H., Sharifi, A., Ahmadi, M., & Ghoushchi, S.J. (2021). Revealing the relationship between solar activity and COVID-19 and forecasting of possible future viruses using multi-step autoregression (MSAR). *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38074—38084 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13249-2>.
- Johnsen, S., & Lohmann, K. (2008). Magnetoreception in animals. *Physics Today*, 61(3), 29. <https://doi.org/10.1063/1.2897947>.
- Standard-2015 Randbedingungen: SBM-2015. Institut für Baubiologie+Nachhaltigkeit. IBN. 18 p. Retrieved from www.baubiologie.de.
- Wang, C.X., Hilburn, I.A., Wu, D.-A., Mizuhara, Y., Cousté, Ch.P., Abrahams, J.N.H., Bernstein, S.E., Matani, A., Shimojo, S., & Kirschvink, J.L. (2019). Transduction of the Geomagnetic Field as Evidenced from alpha-Band Activity in the Human Brain. *eNeuro*, 6(2), 1—23. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0483-18.2019>.
- Zhang, X., Yarema, K., & Xu, A. (2017). *Biological Effects of Static Magnetic Fields*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 223 p.

SARS-CoV-2 virus spreading in depending of the Earth's magnetic field

M.I. Orlyuk, A.O. Romenets, 2022

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

The paper presents the results of a study on the possible relationship between the spread of SARS-CoV-2 virus and the Earth's magnetic field based on an analysis of digital data for 95 countries. Article is based on the statistic data of geomagnetic field and coronavirus disease parameters, which allows, in our opinion, to obtain reliable results of their interpretation, which are as follows:

The dependence of the spatial expansion of the SARS-CoV-2 virus on the value of modular values of the induction of the Earth's main magnetic field BIGRF is established. The maximum number of diseases occurs in countries located in regions with reduced (25.0—30.0 mkT) and increased (48.0—55.0 nT) values.

The SARS-CoV-2 virus expansion of the dynamics of the geomagnetic field over the past 70 years dependence is established. Maximum diseases number refers to areas with maximum changes, in the direction of decrease (up to –6500 nT) and increase 2500 nT).

Comparison of SARS-CoV-2 disease expansion dynamics with Kp -geomagnetic field perturbation index — shows the practical absence of such connection. The ratio of the maximum daily growth of diseases to the minimums of external geomagnetic activity detected. This ratio may be due to the intensity of galactic cosmic radiation increase during this period.

The connection between the SARS-CoV-2 disease process dynamics and solar activity is shown, namely: the beginning of a pandemic is due to the superposition of minima of 11 (between 24 and 25) and 110 (120?) solar activity annual cycles. The increase of diseases number correlates well with the increase of the 25th cycle solar activity. The Spanish pandemic was characterized by a similar ratio, which arose about 110 years ago between 14–15 cycles and took place during the 15th cycle of solar activity growth phase.

Key words: Earth's magnetic field, pandemic, KOVID-19, Geomagnetic and Solar activity, virus.

References

- Boychenko, S., Holubka, O., & Karamushka, V. (2020). Про вплив умов навколишнього середовища на поширення вірусу SARS-CoV-2 в Україні. *Geophysical Journal*, 42(5), 205–232. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215085> (in Russian).
- Zasekin, D.A., Orlyuk, T.M., Orlyuk, M.I. (2013). Study of the influence of the geomagnetic field and magnetized water on the technological performance of broiler chickens. *Veterynarna biotekhnolohiya*, (22), 170–175 (in Ukrainian).
- Klassen, V.M. (1978). *Magnetization of water systems*. Moscow: Khimiya, 240 p. (in Russian).
- Komissarenko, S.V. (2020). *World coronavirus crisis*. Kyiv: LAT & K, 120 p. (in Ukrainian).
- Kopanev, V.I., Efimenko, G.D., & Shakula, A.V. (1979). On the biological effect of a hypomagnetic environment on the body. *Izvestiya AN SSSR. Ser. biol.*, (3), 342–353 (in Russian).
- Kulikov, V.Yu. & Timofeeva, E.S. (2011). Evaluation of the combined effect of various variations of the geomagnetic and radiation fields on the osmotic resistance of human erythrocytes under in vitro conditions. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri*, (4), 12–20 (in Russian).
- Kurnikov, Yu.A., & Orlyuk, M.I. (2011). Magneto-mineralogical characteristics, classification and use of natural magnetic sands. *Geophysical Journal*, 33(1), 39–53. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i1.2011.117323> (in Russian).
- Lyubimov, V.V. (1997). *Biotropism of natural and artificially created electromagnetic fields. (Analytical review)*. Preprint No. 7 (1103) Moscow: IZMIRAN, 60 p. (in Russian).
- Medvedeva, O.A., Kalutskiy, P.V., Besedin, A.V., Medvedeva, S.K., & Kalutskiy, A.P. (2011). Ecological and epidemiological analysis of the incidence of intestinal infections in children in the regions of the Kursk region with different levels of the geomagnetic field. *Nauchnyye vedomosti. Seriya Meditsina. Farmatsiya*, (10), 5–11 (in Russian).
- Orlyuk, M.I. (2001). Geophysical ecology — the main tasks and ways to solve them. *Geophysical Journal*, 23(1), 49–59 (in Ukrainian).
- Orlyuk, M.I., Melnik, P.P., Romenets, A.A., & Lishchetovich, L.I. (2012). On the effect of the Earth's magnetic field on the crop-producing power of winter wheat in the territory of Ukraine. *Geophysical Journal*, 34(2), 72–81. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i2.2012.116612> (in Russian).
- Orlyuk, T.M., & Orlyuk, M.I. (2012). On the possible relationship between the incidence of bovine leukemia and the natural magnetic field of the Earth. *Naukovy visnyk L'vivskoho natsional'noho universytetu im. S.Z. Hzhys'koho*, 14(2), 128–132 (in Ukrainian).
- Orlyuk, M.I., & Romenets, A.A. (2003). Geomagnetic field of Ukraine: ecological aspect. *Geolog Ukrainy*, (1), 64–70 (in Russian).
- Orlyuk, M.I., Romenets, A.A. (2005). New criteria for evaluating the space-time disturbance of the Earth's magnetic field and some aspects of its use. *Geophysical Journal*, 27(5), 744–754.
- Orlyuk, M.I., Frolov, A.F., Zadorozhnaya, V.I., & Romenets, A.A. (2007). Disturbance of the Earth's magnetic field and some aspects of infectious diseases. *Geophysical Journal*, 29(6), 148–156 (in Russian).
- Pavlovich, N.V., Pavlovich, S.A., & Galliulin, Yu.I. (1991). Biomagnetic rhythms. Minsk: Universitetskoe, 136 p. (in Russian).
- Ptitsyna, N.G., Villoresi, J., Dorman, L.I., Jucci, N., & Tyasto, M.I. (1998). Natural and technogenic low-frequency magnetic fields as factors potentially hazardous to health. *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 168(7), 767–791 (in Russian).
- Ragulskaya, M.V. (2021). Covid-19: features of the

- pandemic in the context of the global minimum of solar activity. *Proc. of the XLIV Annual Seminar «Physics of Auroral Phenomena». Apatity* (pp. 195—198). <https://doi.org/10.51981/2588-0039.2021.44.045> (in Russian).
- Rozov, V., Pelevin, D., & Levina, S. (2013). Experimental study of the phenomenon of the weakening of the static geomagnetic field in the room. *Elektrotehnika i elektromekhanika*, (6), 72—76 (in Russian).
- Serdyuk, A.M. (1977). *Interaction of an organism with electromagnetic fields as with an environmental factor*. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).
- Serdyuk, A.M., Hrihoriev, P.E., Akimenko, V.Ya., & Protas, S.V. (2010). Ecological significance of the geomagnetic field and medical and biological preconditions of hygienic regulation of its weakening in the conditions of Ukraine. *Dovkillya i zdorovya*, (3), 8—11 (in Ukrainian).
- Serpov, V. (2007). Influence of natural magnetic fields on human safety in the areas of geophysical anomalies in the European part of Russia: *Doctor's thesis*. St. Petersburg (in Russian).
- Travkin, M.P. (1971). *Life in a magnetic field*. Belgorod: Edition of the Belgorod Pedagogical Institute, 192 p. (in Russian).
- Kholodov, Yu.A. (1982). *The brain in electromagnetic fields*. Moscow: Nauka, 64 p. (in Russian).
- Kholodov, Yu.A. (1975). *Reactions of the nervous system to electromagnetic fields*. Moscow: Nauka, 208 p. (in Russian).
- Chizhevskiy, A.L. (1930). *Epidemic catastrophes and periodic activity of the Sun*. Moscow, 172 p. (in Russian).
- Frolov, A.F., Orlyuk, M.I., Zadorozhnaya, V.I., & Romenets, A.A. (2009). Epidemic process of influenza and some factors of the biosphere of physical nature. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (1), 172—176 (in Russian).
- COVID-19 Excess Mortality Collaborators. Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020—2021. (2022). *The Lancet*, 10. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02796-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02796-3).
- DGRF/IGRF. Mode of access: URL: DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1945—2024 and Related Parameters. Retrieved from https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf_vitmo.php.
- <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>
- <https://www.worldometers.info/coronavirus/#countries>
- Kirschvink, J.L., & Gould, J.L. (1981). Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystems*, 13, 181—201. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(81\)90060-5](https://doi.org/10.1016/0303-2647(81)90060-5).
- Lei, H., Pan, Y., Wu, R., & Lv, Y. (2020). Innate Immune Regulation Under Magnetic Fields With Possible Mechanisms and Therapeutic Applications. *Frontiers in Immunology*, 22. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.582772>.
- Orlyuk, M., & Romenets, A., & Orliuk, I. Natural and technogenic components of megalopolis magnetic field. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 1. С. 78—86. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i1.2016.107727>.
- Orlyuk, M.I., & Romenets, A.A. Spatial-temporal change of the geomagnetic field: environmental aspect. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 4. С. 18—38. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i4.2020.210670>.
- Nasirpour, M.H., Sharifi, A., Ahmadi, M., & Ghouschi, S.J. (2021). Revealing the relationship between solar activity and COVID-19 and forecasting of possible future viruses using multi-step autoregression (MSAR). *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38074—38084 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13249-2>.
- Johnsen, S., & Lohmann, K. (2008). Magnetoreception in animals. *Physics Today*, 61(3), 29. <https://doi.org/10.1063/1.2897947>.
- Standard-2015 Randbedingungen: SBM-2015. Institut für Baubiologie+Nachhaltigkeit. IBN. 18 p. Retrieved from www.baubiologie.de.
- Wang, C.X., Hilburn, I.A., Wu, D.-A., Mizuhara, Y., Cousté, Ch.P., Abrahams, J.N.H., Bernstein, S.E., Matani, A., Shimojo, S., & Kirschvink, J.L. (2019). Transduction of the Geomagnetic Field as Evidenced from alpha-Band Activity in the Human Brain. *eNeuro*, 6(2), 1—23 <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0483-18.2019>.
- Zhang, X., Yarema, K., & Xu, A. (2017). *Biological Effects of Static Magnetic Fields*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 223 p.