

## **Уточненный анализ корреляции между принятыми предельно допустимыми уровнями радиочастотных электромагнитных полей для населения и летальностью COVID-19.**

**Аннотация.** В работе приводятся результаты уточненного анализа ранее обнаруженной автором корреляции между принятыми в разных странах предельно допустимыми уровнями радиочастотных электромагнитных полей (ПДУ ЭМП РЧ) для населения и летальностью COVID-19, выполненного с использованием выборок данных Всемирной Организации Здравоохранения, взятых ежемесячно в период с мая 2020 по июль 2021. Для объяснения полученных результатов дополнительно был выполнен анализ корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ, уровнем вакцинации населения от COVID-19 и уровнем валового внутреннего продукта на душу населения. Результаты анализа подтверждают наличие заметной корреляции между ПДУ ЭМП РЧ и летальностью COVID-19, особенно в первые месяцы анализируемого периода. Последующее снижение корреляции между ними к концу анализируемого периода является результатом существенно более масштабных усилий в борьбе с пандемией COVID-19 тех стран, высокие ПДУ ЭМП РЧ в которых приняты с учетом опасности лишь тепловых эффектов в организме человека, по сравнению со странами, использующими существенно более жесткие нормативы, учитывающие опасность нетепловых биоэффектов. Первые из этих стран, имея в среднем более высокий уровень экономического развития, обеспечили массовое тестирование населения, введение более жестких и продолжительных ограничений (карантинов, локдаунов и т.п.), а также значительно более высокие темпы вакцинации населения. Наличие подтвержденной корреляции между указанными характеристиками не означает обязательного существования однозначной причинно-следственной связи между ними. В странах первой из этих групп с пассивным регулированием защиты населения от факторов среды обитания, этот принцип используется не только по отношению к ЭМП РЧ, но и по отношению к другим факторам. Данное обстоятельство определяет актуальность более глубокого системного анализа влияния на здоровье и коллективный иммунитет населения принятых правовых систем защиты населения от всей совокупности антропогенных факторов.

**Ключевые слова:** COVID-19, летальность, среда обитания, электромагнитное загрязнение, нормы, корреляция, мобильная связь, 4G, 5G, 6G, электромагнитная экология, электромагнитная безопасность, электромагнитная защита.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Mordachev V.I. Refined Analysis of the Correlation Between the Accepted Maximum Permissible Levels of Radio Frequency Electromagnetic Fields for the Population and the Lethality Rate of Covid-19. Doklady BGUIR. 2022; 20(1): 55-64. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-1-55-64>

### **Введение**

Различия в принятых в разных странах предельно допустимых уровнях (ПДУ) радиочастотных электромагнитных полей (ЭМП РЧ) определяются различиями в подходах к обеспечению электромагнитной безопасности населения в этих странах [1-3]. Первый подход основан на принципе пассивного регулирования, предусматривающем использование рекомендательных значений допустимых уровней ЭМП РЧ, превышение которых причинит вред здоровью. В странах, где он принят, ПДУ ЭМП РЧ для населения определяются с учетом опасности лишь тепловых биоэффектов в человеческом организме и составляют 1000 - 4000 мкВт/см<sup>2</sup>, бремя доказательства возможного вреда от воздействия ЭМП РЧ перенесено в судебную инстанцию. В ряде стран этот принцип реализуется с частными социально-ориентированными дополнениями, направленными на ограничение уровней ЭМП РЧ на социально-значимых объектах, в местах проживания и т.п. Альтернативный подход основан на установлении значений ПДУ ЭМП РЧ, гарантированно обеспечивающих отсутствие вреда здоровью с учетом отдаленных последствий их воздействия на человеческий организм. В странах, где он принят, ПДУ ЭМП РЧ для населения определяются с учетом опасности нетепловых биоэффектов и для непрерывных ЭМП РЧ диапазона 0.3-300 ГГц составляют 2.5 - 10 мкВт/см<sup>2</sup>; государство реализует контрольно-надзорные функции по их соблюдению.

Сегодня основным источником электромагнитного загрязнения среды обитания являются электромагнитные излучения базовых станций и абонентского оборудования систем сотовой (мобильной) связи. При этом, несмотря на весьма существенное различие в принятых ограничениях на уровни ЭМП РЧ для населения, различия в степени электромагнитного загрязнения среды обитания в странах с различными подходами к обеспечению безопасности населения до недавнего времени не были столь существенными [4-7 и др.] в силу преобладания низкоскоростных услуг мобильной телефонии, а также сдерживающего влияния опасности для бизнеса мобильной связи массовых судебных исков и расходов на компенсацию причиненного вреда. Однако в условиях чрезвычайно интенсивного развития систем и услуг беспроводного информационного обслуживания всех сфер человеческого бытия в рамках эволюции мобильной связи 2G/3G→4G→5G→6G [8, 9] и в условиях беспрецедентного корпоративного давления [10, 11] принятые в разных странах ограничения на ПДУ ЭМП РЧ для населения безусловно связаны с потенциально допустимыми уровнями электромагнитного загрязнения среды обитания в этих странах.

В [12] приведены первичные результаты анализа корреляции между потенциальным уровнем электромагнитного загрязнения среды обитания и опасностью COVID-19, подтвердившие наличие заметной корреляции между ПДУ ЭМП РЧ, принятыми в разных странах, и относительной смертностью населения от COVID-19 в этих странах. **Присутствие корреляции не означает наличия установленной причинно-следственной связи между анализируемыми характеристиками, но чрезвычайно высокая цена вопроса определяет актуальность его дальнейшего глубокого изучения.**

Выполненный в [12] анализ носил предварительный характер, поскольку анализируемые выборки данных об относительной смертности от COVID-19 были взяты с интервалами всего 7 дней в течение 2 недель и в силу этого были существенно коррелированы (коэффициент корреляции Пирсона 0,996-0,999 при объеме выборок 31, их репрезентативность обеспечивалась примерно равным представительством стран, использующих различные подходы к обеспечению электромагнитной безопасности населения). Анализ коррелированных выборок был оправдан соображениями повышения надежности результатов исследований в условиях различной степени достоверности и регулярности обновления данных [13] по различным странам.

Цель работы - уточненный анализ корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения и летальностью COVID-19 в различных странах в интересах более объективной оценки возможной связи между потенциальной опасностью электромагнитного загрязнения среды обитания и опасностью COVID-19 для населения.

## Результаты анализа

Более глубокий анализ корреляции между рассматриваемыми характеристиками выполнен с использованием выборок данных о COVID-19 в различных странах, взятых через более длительные промежутки времени и в течение более длительного периода. В данной работе представлены результаты анализа корреляции между выборками значений ПДУ ЭМП РЧ в различных странах и пятнадцатью выборками данных [13] об инфицировании и летальности COVID-19 в этих странах, взятыми через месячные интервалы в период с мая 2020 по июль 2021. Этот анализ подкреплен корреляционным анализом сопутствующих факторов (уровень вакцинации от COVID-19, уровень валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения), позволяющим найти объяснение характера зависимости результатов анализа от времени.

Номера выборок данных [13] соответствуют следующим датам: №1: 18.05.2020; №2: 18.06.2020; №3: 19.07.2020; №4: 19.08.2020; №5: 18.09.2020; №6: 19.10.2020; №7: 18.11.2020; №8: 18.12.2020; №9: 19.01.2021; №10: 19.02.2021; №11: 19.03.2021; №12: 19.04.2021; №13: 18.05.2021; №14: 18.06.2021; №15: 20.07.2021.

Значения ПДУ ЭМП РЧ, принятые в различных странах, соответствуют опубликованным данным [1-3, 12 и др.] на начало анализируемого периода (май 2020). Изменения гигиенических нормативов отдельных стран (Польша, Украина) в течение

анализируемого периода не учитывались, поскольку процессы изменения электромагнитной обстановки и ее влияния на коллективный иммунитет населения достаточно инерционны и определяются довольно медленными процессами соответствующих изменений инфраструктуры радиосетей мобильной связи, правовой системы защиты населения и т.п.

Результаты уточненного анализа корреляции между потенциальным уровнем электромагнитного загрязнения среды обитания и летальностью COVID-19 по отношению к числу выявленных инфицированных и к численности населения представлены ниже в таблицах 1, 2 (в сокращенном объеме с выборками данных через двухмесячные интервалы) и в полном объеме в графической форме на фрагментах "а" и "б" рис. 1. На этих фрагментах приведены как исходные зависимости в виде ломаных линий, точки излома которых соответствуют полученным оценкам коэффициента корреляции Пирсона, так и кривые, полученные среднеквадратичным сглаживанием оценочных данных.

Для объяснения полученных результатов дополнительно было выполнено следующее:

1. Анализ корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения и уровнем вакцинации населения от COVID-19 в тех же странах по официальным данным ВОЗ. Выборки этих данных также взяты строго через месячные интервалы с начала массовой вакцинации (20.12.2020) до 20.07.2021 (8 выборок). Результаты анализа представлены в таблице 3 и иллюстрируются графиками в исходной и сглаженной форме на фрагменте "с" рис. 1.

2. Анализ корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения и уровнем ВВП на душу населения, исчисляемым по различным методикам: ВВП по паритету покупательной способности (ППС), оцениваемого по методикам Международного валютного фонда (МВФ) и Всемирного Банка (ВБ), и номинального ВВП на душу населения (определяющего уровень экономического развития государства), оцениваемого по методикам МВФ и ВБ. Результаты анализа приведены в таблице 4.

3. Анализ корреляции между относительным уровнем вакцинации от COVID-19 в различных странах на 20.07.2021 и уровнем ВВП на душу населения в этих странах. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Представленные результаты анализа свидетельствуют о том, что страны, использующие "тепловые" гигиенические нормативы на ПДУ ЭМП РЧ в сочетании с принципом пассивного регулирования в вопросах защиты населения, в среднем имеют более высокий уровень экономического развития по сравнению со странами, использующими существенно более жесткие "нетепловые" ПДУ ЭМП РЧ в сочетании с государственным контролем за их соблюдением. Это подтверждается наличием заметной корреляции между принятой величиной ПДУ ЭМП РЧ и уровнем ВВП на душу населения в различных странах. В зависимости от методики исчисления ВВП коэффициент этой корреляции изменяется в интервале [0.418, 0.464]. Именно большие экономические возможности этих стран позволили обеспечить

- существенно более полный охват населения этих стран тестированием на присутствие коронавирусной инфекции, что значительно увеличило число выявляемых инфицированных и к концу 2020 года практически свело к нулю корреляцию между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения и уровнем смертности, определяемым по отношению к числу выявленных инфицированных, а в последние месяцы анализируемого периода даже обеспечило отрицательную корреляцию между данными характеристиками (табл. 1, фрагмент "б" рис. 1);

- реализацию в этих странах более строгих и продолжительных административных ограничений (карантинов, локдаунов, запретов въезда/выезда и т.п.), направленных на ограничение контактов между людьми в целях борьбы с распространением инфекции, а также в среднем существенно более высокие темпы вакцинации населения, что в целом подтверждается данными таблиц 3, 4 и 5. Корреляция между относительным уровнем вакцинации от COVID-19 в различных странах на заключительный день анализируемого периода (20.07.2021) и уровнем ВВП на душу населения в этих странах превышает 0.5 и в зависимости от методики исчисления этого уровня коэффициент корреляции изменяется в интервале [0.540, 0.573].

Фрагмент "d" рис. 1 содержит графическое представление [14] зависимости числа вновь инфицированных от времени по данным [13], иллюстрирующее характер и примерные периоды наступления волн пандемии COVID-19 (первая волна: октябрь 2020 - январь 2021, вторая волна: март - май 2021, третья волна: с июля 2021). Для удобства анализа кривых фрагментов "а", "б" и "с" и связей между ними на фрагменте "е" рис. 1 в едином временном масштабе

приведены сглаженные зависимости коэффициента корреляции Пирсона от времени для летальности COVID-19 по отношению к численности населения (кривая 1) и к числу выявленных инфицированных (кривая 2), а также зависимость коэффициента корреляции Пирсона по отношению к уровню вакцинации населения (кривая 3).

Анализ хода и взаимного расположения этих кривых дает достаточные основания предполагать, что, факт наличия корреляции между степенью жесткости гигиенического нормирования ПДУ ЭМП РЧ для населения и уровнем летальности COVID-19 в различных странах по результатам приведенного анализа можно признать объективно доказанным. В то же время существенно более масштабные усилия экономически развитых стран по преодолению пандемии (более жесткие административные ограничения, более массовое тестирование населения, более высокие темпы вакцинации) способствовали заметному ослаблению этой корреляции, уже начиная с середины анализируемого периода.

**Таблица 1.** Результаты анализа корреляции между степенью жесткости гигиенического нормирования ПДУ ЭМП РЧ для населения в различных странах и уровнем смертности от COVID-19 по официальным данным ВОЗ, определяемым по отношению к числу выявленных инфицированных.

Страна	ПДУ Вт/м <sup>2</sup>	Отношение числа умерших от COVID-19 к указанной дате к числу заболевших (инфицированных) <sup>[2]</sup> в %							
		18.05.20	19.07.20	18.09.20	18.11.20	19.01.21	19.03.21	18.05.21	20.07.21
Азербайджан	0.1	1.19	1.29	1.47	1.27	1.33	1.36	1.45	1.48
Беларусь	0.1	0.56	0.751	1.03	0.91	0.70	0.695	0.718	0.766
Бельгия	10	16.37	15.4	10.2	2.75	3.01	2.75	2.39	2.28
Болгария <sup>[1]</sup>	0.01	4.92	3.46	4.01	2.26	4.03	4.00	4.18	4.30
Великобритания	10	14.21	8.06	10.9	3.74	2.62	2.94	2.87	2.35
Венгрия	0.1	13.07	2.57	4.15	2.15	3.26	3.24	3.66	3.71
Германия	10	4.54	5.41	3.50	1.57	2.32	2.83	2.40	2.44
Дания	10	5.01	4.64	2.97	1.19	0.95	1.07	0.936	0.828
Израиль	0.9	1.63	18.3	0.678	0.842	0.73	0.735	0.761	0.756
Индия	0.9	3.15	4.51	1.62	1.47	1.44	1.38	1.10	1.33
Ирландия	10	6.40	15.4	5.59	2.90	1.50	2.00	1.94	1.76
Испания	10	11.95	13.8	4.86	2.30	2.40	2.27	2.20	1.95
Италия	0.1	14.15	2.49	12.2	3.75	3.45	3.14	2.99	2.98
Казахстан	0.1	0.53	6.81	1.45	1.45	1.37	1.26	1.19	1.52
Канада	4	7.48	0.822	6.58	3.65	2.54	2.45	1.88	1.86
Китай	0.4	5.50	14.3	5.22	5.13	4.85	4.73	4.90	4.69
Литва	0.1	3.63	4.00	2.48	0.81	1.48	1.66	1.55	1.57
Люксембург	0.45	2.71	0.533	1.64	0.87	1.14	1.20	1.17	1.12
Нидерланды	10	12.91	4.18	7.11	1.89	1.42	1.37	1.09	0.984
Польша	0.1	5.00	2.05	2.94	1.44	2.33	2.43	2.52	2.61
Португалия	10	4.19	11.9	2.84	1.54	1.62	2.05	2.02	1.85
Россия	0.1	0.94	4.07	1.75	1.73	1.84	2.12	2.35	2.50
США	10	6.09	3.48	2.98	2.21	1.67	1.82	1.78	1.79
Турция	0.56	2.77	1.60	2.45	2.78	1.53	1.01	0.877	0.914
Узбекистан	0.025	0.43	10.9	0.834	0.848	0.79	0.767	0.692	0.667
Украина	0.1	2.87	7.27	2.05	1.77	1.80	1.94	2.24	2.35
Франция	10	20.04	5.05	7.84	2.30	2.45	2.22	1.85	1.92
Чили <sup>[1]</sup>	0.1	1.03	2.50	2.75	2.79	2.60	2.41	2.16	2.16
Швейцария	0.1	5.25	2.52	3.62	1.20	1.62	1.64	1.49	1.46
Швеция	10	12.21	3.88	6.67	3.23	1.97	1.79	1.38	1.34
Япония	10	4.59	0.511	1.91	1.58	1.36	1.93	1.69	1.78
<b>Коэффициент корреляции Пирсона:</b>		<b>0.551</b>	<b>0.485</b>	<b>0.431</b>	<b>0.189</b>	<b>-0,048</b>	<b>0,042</b>	<b>-0,071</b>	<b>-0,151</b>

<sup>[1]</sup> Нижнее значение интервала нормируемых уровней.

<sup>[2]</sup> Число выявленных инфицированных приведено в соответствии с данными Центра Джона Хопкинса (Johns Hopkins Center for Health Security) <https://covid19.who.int/>

**Таблица 2.** Результаты анализа корреляции между степенью жесткости гигиенического нормирования ПДУ ЭМП РЧ для населения в различных странах и уровнем смертности от COVID-19 по официальным данным ВОЗ, определяемым по отношению к численности населения.

Страна	ПДУ Вт/м <sup>2</sup>	Отношение числа умерших от COVID-19 к указанной дате <sup>[2]</sup> к численности населения в млн.чел. <sup>[3]</sup>							
		18.05.20	19.07.20	18.09.20	18.11.20	19.01.21	19.03.21	18.05.21	20.07.21
		Азербайджан	0.1	3.85	34.4	56.3	99.1	298	327
Беларусь	0.1	17.5	52.4	81.6	112	168	225	287	353
Бельгия	10	781	846	857	1280	1766	1952	2133	2175
Болгария <sup>[1]</sup>	0.01	15.8	43.0	107	347	1233	1701	2496	2616
Великобритания	10	510	667	614	777	1324	1855	1881	1896
Венгрия	0.1	47.8	61.7	69.3	350	1193	1847	3031	3108
Германия	10	94.7	108	112	157	568	887	1031	1091
Дания	10	94.4	105	110	133	312	414	432	439
Израиль	0.9	31.3	45.6	134	316	466	701	738	745
Индия	0.9	2.19	19.4	61.1	94.9	111	115	202	300
Ирландия	10	312	355	362	404	530	925	1001	1016
Испания	10	591	608	650	872	1135	1557	1699	1735
Италия	0.1	528	580	590	768	1365	1718	2058	2115
Казахстан	0.1	1.81	20.0	106	126	157	187	263	435
Канада	4	151	234	244	292	477	598	661	702
Китай	0.4	3.23	3.23	3.30	3.30	3.34	3.37	3.38	3.90
Литва	0.1	20.6	29.4	32.0	110	916	1268	1516	1618
Люксембург	0.45	171	177	198	377	890	1126	1291	1312
Нидерланды	10	331	358	365	502	762	945	1019	1038
Польша	0.1	24.4	42.8	59.5	287	890	1290	1900	1987
Португалия	10	119	165	185	348	885	1642	1668	1688
Россия	0.1	18.5	84.1	131	234	454	642	794	1021
США	10	263	416	591	741	1186	1610	1754	1824
Турция	0.56	49.1	64.9	86.7	139	286	353	533	600
Узбекистан	0.025	0.359	2.51	12.5	17.9	18.5	18.6	20.1	24.1
Украина	0.1	12.7	35.2	82.3	240	499	700	1150	1251
Франция	10	430	460	474	704	1077	1397	1640	1693
Чили <sup>[1]</sup>	0.1	23.5	442	635	779	918	1150	1461	1807
Швейцария	0.1	185	195	204	380	930	1090	1170	1192
Швеция	10	364	556	581	616	1022	1311	1414	1450
Япония	10	5.92	7.79	11.7	15.1	36.0	69.2	91.6	119
<b>Коэффициент корреляции Пирсона:</b>		<b>0.60</b>	<b>0.570</b>	<b>0.522</b>	<b>0.442</b>	<b>0,289</b>	<b>0,315</b>	<b>0,137</b>	<b>0,1</b>

<sup>[1]</sup> Нижнее значение интервала нормируемых уровней.

<sup>[2]</sup> Число выявленных инфицированных приведено в соответствии с данными Центра Джона Хопкинса (Johns Hopkins Center for Health Security) <https://covid19.who.int/>

<sup>[3]</sup> Численность населения стран приведена на 04.05.2020 в соответствии с данными электронного ресурса <https://www.worldometers.info/world-population/>

**Таблица 3.** Результаты анализа корреляции между степенью жесткости гигиенического нормирования ПДУ ЭМП РЧ для населения в различных странах и относительным уровнем вакцинации от COVID-19 по официальным данным ВОЗ (полный цикл вакцинации двумя инъекциями).

Страна	ПДУ Вт/м <sup>2</sup>	Темпы вакцинации от COVID-19 в % к численности населения <sup>[2]</sup>							
		20.12.20	20.01.21	20.02.21	20.03.21	20.04.21	20.05.21	20.06.21	20.07.21
Азербайджан	0.1	0	0	0	0	4.43	8.04	10.16	17.50
Беларусь	0.1	0	0	0	0.11	0.28	1.59	3.91	7.98
Бельгия	10	0	0.01	2.53	3.94	6.42	13.92	30.54	49.49
Болгария <sup>[1]</sup>	0.01	0	0.06	0.39	1.03	1.96	6.96	10.87	12.79
Великобритания	10	0	0.68	0.90	3.27	15.79	31.73	46.06	53.32

**Окончание таблицы 3**

Венгрия	0.1	0	0.04	1.98	4.93	14.79	29.96	46.62	55.30
Германия	10	0	0.14	2.11	4.00	6.75	13.10	30.99	46.87
Дания	10	0	0.12	3.00	5.36	9.21	19.69	28.36	47.55
Израиль	0.9	0	7.86	31.42	48.58	53.53	54.82	55.24	56.39
Индия	0.9	0	0	0.06	0.54	1.25	2.96	3.57	6.22
Ирландия	10	0	0.20	2.61	3.68	7.25	10.31	20.01	43.86
Испания	10	0	0.03	2.50	4.03	7.38	16.82	30.85	52.81
Италия	0.1	0	0.02	2.23	4.08	7.77	15.85	26.28	45.24
Казахстан	0.1	0	0	0	0.1	0.65	4.37	8.69	15.12
Канада	4	0	0.14	1.06	1.64	2.48	4.02	18.59	51.01
Китай <sup>[3]</sup>	0.4	0	0.10	0.50	1.00	3.00	7.50	15.00	25.00
Литва	0.1	0	0.32	2.52	4.67	8.06	18.71	32.96	44.36
Люксембург	0.45	0	0	1.11	2.74	7.29	14.70	29.04	42.83
Нидерланды	10	0	0	0.90	2.87	5.79	11.58	30.33	46.42
Польша	0.1	0	0.07	2.45	4.71	6.20	13.82	29.60	43.50
Португалия	10	0	0.18	2.44	4.39	6.90	14.55	28.51	48.38
Россия	0.1	0	0	1.16	1.86	4.27	7.04	10.44	14.78
США	10	0	0.65	5.37	12.92	25.89	38.01	44.93	48.52
Турция	0.56	0	0	1.21	5.88	9.21	13.57	16.98	24.87
Узбекистан	0.025	0	0	0	0	0	0.84	2.95	3.01
Украина	0.1	0	0	0	0	0	0.15	0.87	3.63
Франция	10	0	0	1.77	3.71	7.41	14.71	25.71	44.24
Чили <sup>[1]</sup>	0.1	0	0.04	0.29	14.93	29.70	39.90	49.66	61.65
Швейцария	0.1	0	0.5	1.79	5.13	8.97	16.62	29.86	44.78
Швеция	10	0	0	1.85	3.77	6.76	10.43	27.40	37.58
Япония	10	0	0	0	0.02	0.64	1.95	8.69	24.36
<b>Коэффициент корреляции Пирсона:</b>		<b>---</b>	<b>-0.091</b>	<b>-0.015</b>	<b>-0.046</b>	<b>0.014</b>	<b>0.095</b>	<b>0.277</b>	<b>0.445</b>

<sup>[1]</sup> Нижнее значение интервала нормируемых уровней.

<sup>[2]</sup> Процент вакцинированных приведен в соответствии с данными электронного ресурса <https://index.minfin.com.ua/reference/coronavirus/vaccination/>

<sup>[3]</sup> Оценочные данные с учетом общего количества введенных доз вакцины.

**Таблица 4.** Результаты анализа корреляции между степенью жесткости гигиенического нормирования ПДУ ЭМП РЧ для населения в различных странах и уровнем ВВП на душу населения в этих странах.

Страна	ПДУ ЭМП Вт/м <sup>2</sup>	ВВП на душу населения			
		Удельный ВВП по ППС		Удельный номинальный ВВП	
		Список МВФ <sup>[1]</sup> 2020	Список ВБ <sup>[2]</sup> 2019	Список МВФ <sup>[3]</sup> 2018	Список ВБ <sup>[4]</sup> 2017
1. Азербайджан	0.1	14431	15001	4569	4132
2. Беларусь	0.1	20187	19943	6306	5726
3. Бельгия	10	51096	54545	50050	43324
4. Болгария <sup>[5]</sup>	0.01	23817	24561	9267	8032
5. Великобритания	10	44117	48710	42240	39720
6. Венгрия	0.1	33030	33979	15923	14225
7. Германия	10	54046	56052	51970	44470
8. Дания	10	58933	59830	63640	56307
9. Израиль	0.9	40547	42194	43440	40270
10. Индия	0.9	6461	7034	2036	1940
11. Ирландия	10	94392	88241	90480	69331
12. Испания	10	38392	42214	31180	28157
13. Италия	0.1	40861	44197	35060	31953
14. Казахстан	0.1	26565	27444	9236	8837

**Окончание таблицы 4**

15. Канада	4	48720	51342	45870	45032
16. Китай	0.4	17192	16785	9608	8827
17. Литва	0.1	38824	38214	19143	16681
18. Люксембург	0.45	118002	121293	125920	104104
19. Нидерланды	10	57534	59687	58030	48223
20. Польша	0.1	34103	34218	15430	13812
21. Португалия	10	34043	36471	25100	21136
22. Россия	0.1	27930	29181	11326	10743
23. США	10	63416	65281	66140	59532
24. Турция	0.56	30253	27875	9346	10541
25. Узбекистан	0.025	7449	7289	1262	1504
26. Украина	0.1	13110	13341	2963	2640
27. Франция	10	46062	49435	44770	38477
28. Чили <sup>[5]</sup>	0.1	23366	25155	16078	15346
29. Швейцария	0.1	72874	70989	90360	80190
30. Швеция	10	54146	55815	57660	53442
31. Япония	10	42248	43236	40730	38428
<b>Коэффициент корреляции Пирсона:</b>		<b>0.418</b>	<b>0.441</b>	<b>0.457</b>	<b>0.464</b>

<sup>[1]</sup> International Monetary Fund: World Economic Outlook database: April 2021.

<sup>[2]</sup> The World Bank: GDP per capita, PPP (current international \$): 2020.

<sup>[3]</sup> International Monetary Fund: World Economic Outlook database: April 2019.

<sup>[4]</sup> The World Bank: GDP per capita (current US\$): 2018.

<sup>[5]</sup> Нижнее значение интервала нормируемых уровней.

**Таблица 5.** Результаты анализа корреляции между относительным уровнем вакцинации от COVID-19 в различных странах на 20.07.2021 и уровнем ВВП на душу населения в этих странах.

Страна	% привитых от COVID-19 <sup>[5]</sup>	ВВП на душу населения			
		Удельный ВВП по ППС		Удельный номинальный ВВП	
		Список МВФ <sup>[1]</sup> 2020	Список ВБ <sup>[2]</sup> 2019	Список МВФ <sup>[3]</sup> 2018	Список ВБ <sup>[4]</sup> 2017
1. Азербайджан	17.50	14431	15001	4569	4132
2. Беларусь	7.98	20187	19943	6306	5726
3. Бельгия	49.49	51096	54545	50050	43324
4. Болгария	12.79	23817	24561	9267	8032
5. Великобритания	53.32	44117	48710	42240	39720
6. Венгрия	55.30	33030	33979	15923	14225
7. Германия	46.87	54046	56052	51970	44470
8. Дания	47.55	58933	59830	63640	56307
9. Израиль	56.39	40547	42194	43440	40270
10. Индия	6.22	6461	7034	2036	1940
11. Ирландия	43.86	94392	88241	90480	69331
12. Испания	52.81	38392	42214	31180	28157
13. Италия	45.24	40861	44197	35060	31953
14. Казахстан	15.12	26565	27444	9236	8837
15. Канада	51.01	48720	51342	45870	45032
16. Китай <sup>[6]</sup>	25.00	17192	16785	9608	8827
17. Литва	44.36	38824	38214	19143	16681
18. Люксембург	42.83	118002	121293	125920	104104
19. Нидерланды	46.42	57534	59687	58030	48223
20. Польша	43.50	34103	34218	15430	13812
21. Португалия	48.38	34043	36471	25100	21136
22. Россия	14.78	27930	29181	11326	10743

## Окончание таблицы 5

23. США	48.52	63416	65281	66140	59532
24. Турция	24.87	30253	27875	9346	10541
25. Узбекистан	3.01	7449	7289	1262	1504
26. Украина	3.63	13110	13341	2963	2640
27. Франция	44.24	46062	49435	44770	38477
28. Чили	61.65	23366	25155	16078	15346
29. Швейцария	44.78	72874	70989	90360	80190
30. Швеция	37.58	54146	55815	57660	53442
31. Япония	24.36	42248	43236	40730	38428
<b>Коэффициент корреляции Пирсона:</b>		<b>0.545</b>	<b>0.573</b>	<b>0.540</b>	<b>0.56</b>

<sup>[1]</sup> International Monetary Fund: World Economic Outlook database: April 2021.

<sup>[2]</sup> The World Bank: GDP per capita, PPP (current international \$): 2020.

<sup>[3]</sup> International Monetary Fund: World Economic Outlook database: April 2019.

<sup>[4]</sup> The World Bank: GDP per capita (current US\$): 2018.

<sup>[5]</sup> Процент вакцинированных приведен в соответствии с данными электронного ресурса <https://index.minfin.com.ua/reference/coronavirus/vaccination/>

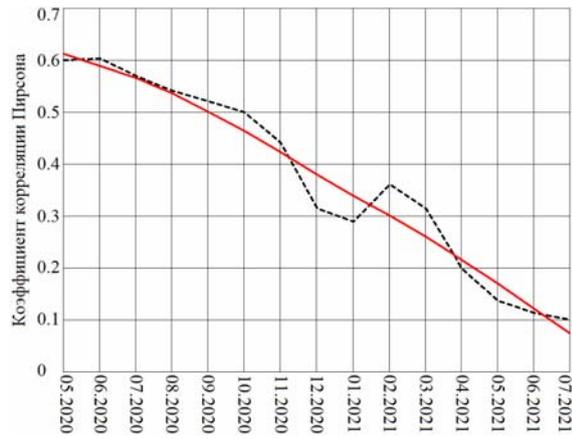
<sup>[6]</sup> Оценочные данные с учетом количества введенных доз вакцины.

## Заключение

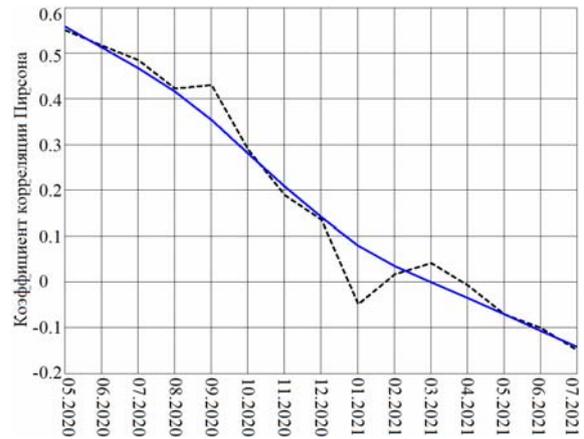
1. Результаты проведенного анализа, несмотря на некоторые сомнения в достоверности и сопоставимости медстатистики некоторых стран в базе данных [13], в силу его интегрального характера, обладающего сравнительно малой чувствительностью к подобным факторам, в целом подтверждают наличие заметной корреляции между принятыми в разных странах ПДУ ЭМП РЧ для населения, определяющими потенциальные уровни электромагнитного загрязнения среды обитания, и относительным уровнем летальности COVID-19. До начала интенсивной борьбы с пандемией (с приходом ее первой волны), проводимой путем реализации жестких административных ограничений, массового тестирования и вакцинации населения, коэффициент корреляции Пирсона между этими характеристиками составлял 0.5-0.6.

2. Снижение корреляции между этими характеристиками к концу анализируемого периода, особенно начиная со второй волны пандемии, может быть объяснено более масштабными усилиями в борьбе с пандемией COVID-19 стран, использующих второй подход к защите населения от ЭМП РЧ, по сравнению со странами, где приняты существенно более жесткие "нетепловые" гигиенические нормативы ПДУ ЭМП РЧ. Страны, использующие принцип пассивного регулирования защиты населения от ЭМП РЧ и его социально-ориентированные модификации, в среднем характеризуются более высокими уровнями экономического развития (уровнем номинального ВВП) и имеют больше экономических возможностей борьбы с пандемией, что отражается в существенно более высоких объемах тестирования населения, введении более жестких и продолжительных ограничений (карантинов, локдаунов и т.п.), а также обеспечении наивысших темпов вакцинации населения.

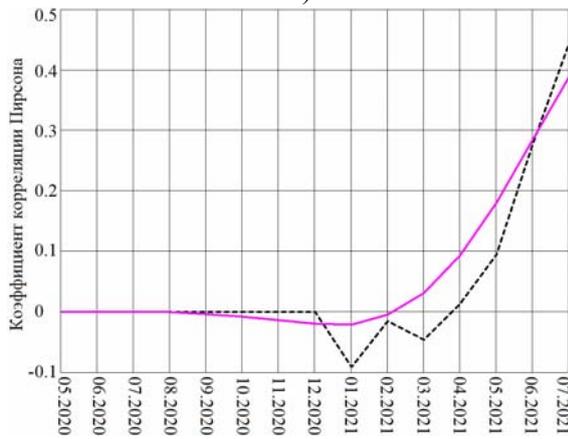
3. Наличие корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения в разных странах, определяющими границы возможного электромагнитного загрязнения среды обитания при реализации крайне амбициозных деклараций и сценариев [8, 9] развития мобильной связи 4G/5G/6G, и относительной летальностью COVID-19, еще не означает существования однозначной причинно-следственной связи между этими характеристиками. Дело в том, что в странах, в которых используется принцип пассивного регулирования и его социально-ориентированные модификации, этот принцип используется не только по отношению к ЭМП РЧ, но и по отношению к другим факторам среды обитания, определяющим совокупный уровень экологии и их влияния на коллективный иммунитет населения. Поэтому обнаруженная корреляция может быть интерпретирована и как корреляция между летальностью COVID-19 и степенью пассивности (наличием пассивного регулирования) в защите населения от воздействия факторов, ухудшающих среду обитания.



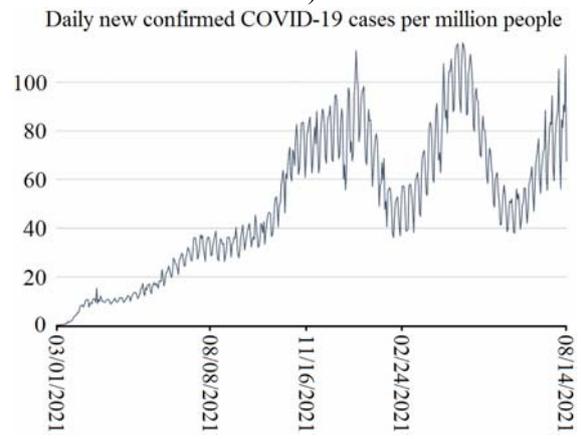
a)



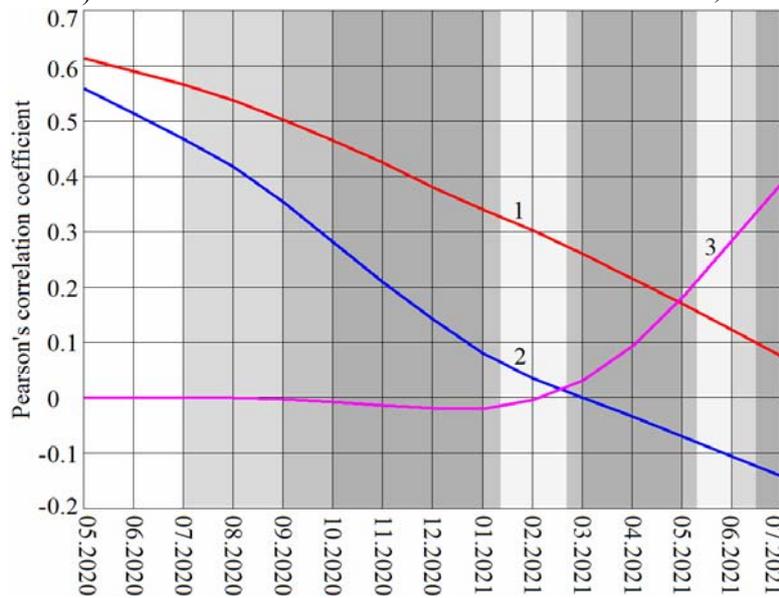
b)



c)



d)



e)

Рис.1. Зависимости от времени коэффициента корреляции между принятыми ПДУ ЭМП РЧ для населения в различных странах и а) уровнем летальности COVID-19 по отношению к численности населения, б) уровнем летальности COVID-19 по отношению к числу выявленных инфицированных, и с) относительным уровнем вакцинации от COVID-19; д) графическое представление [14] зависимости числа вновь инфицированных от времени по данным [13], иллюстрирующее характер и периоды наступления волн пандемии COVID-19; е) зависимости "а", "б" и "с", изображенные в едином масштабе, затемнением обозначены первая, вторая и третья волны пандемии.

В подобной интерпретации результаты данного анализа могут служить косвенным свидетельством преимуществ альтернативного подхода к защите населения от этих факторов (установления ПДУ, гарантированно обеспечивающих отсутствие вреда здоровью) при интенсивности их воздействия, близкой к критической. Некоторым подтверждением этого предположения может являться обязательное для исполнения Федеральной комиссией по связи США (FCC) решение Федерального суда США от 13.08.2021 [15, 16] о необходимости отказа от "тепловых" нормативов ЭМП РЧ, аналогичных [3], и разработки более жестких нормативов, учитывающих "нетепловые" эффекты воздействия ЭМП РЧ на здоровье населения.

4. Подтвержденная результатами этой работы гипотеза [12] о наличии заметной корреляции между потенциальными уровнями электромагнитного загрязнения среды обитания и относительной летальностью COVID-19, свидетельствует о наличии потенциальной опасности декларируемого развития мобильной связи 4G/5G/6G для населения. И поскольку это развитие имеет глобальный характер и способно как существенно обогатить все области человеческого бытия, так и существенно изменить в худшую сторону характеристики среды обитания, дальнейший анализ возможности действительного существования причинно-следственной связи между важными этими характеристиками является актуальным.

В частности, для подтверждения либо опровержения наличия причинно-следственной связи между рассмотренными факторами интерес представляет анализ фактического уровня электромагнитного и прочего загрязнения среды обитания в рассмотренной группе стран, а также глубокие и независимые исследования влияния ЭМП РЧ, создаваемых базовым и пользовательским радиооборудованием систем 4G/5G/6G всех выделенных диапазонов частот и режимов функционирования, на здоровье и коллективный иммунитет населения.

В целом, полученные результаты свидетельствуют об актуальности более бережного отношения к среде обитания в процессе наращивания усилий по беспроводному информационному обслуживанию всех сторон человеческого бытия в рамках 4G/5G/6G, используя, по возможности альтернативные технологии и технические решения там, где беспроводная передача данных не является единственно возможной.

## Библиография

1. O.Grigoriev, M.Goshin, A.Prokofyeva, V.Alekseeva. Features of national policy in approaches to electromagnetic field safety of radio frequencies radiation in different countries. *Gigiena i Sanitaria* (Hygiene and Sanitation, Russian journal) 2019; 98(11): 1184-1190 (In Russian).
2. O.A.Grigoriev, V.N.Nikitina, V.N.Nosov, A.V.Pekin, V.A.Alekseeva, E.N.Dubrovskaya. Electromagnetic radiation safety: Russian national and international regulatory frameworks for radiofrequency electromagnetic fields. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (10(331)): 28–33 (In Russian).
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). July 6, 2020.
4. A.R.Ozdemir, M.Alkan and M.Gulsen, "Time Dependence of Environmental Electric Field Measurements and Analysis of Cellular Base Stations", *IEEE EMC Magazine*, 2014, No.3, p. 43-48.
5. P.Gajsek, P.Ravazzani, J.Wiart, J.Grellier, T.Samaras and G.Thuroczy, "Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10MHz–6GHz)", *J Expo Sci Env. Epidem.* 25, 37–44 (2015).
6. M.Ibrani, E.Hamiti, L.Ahma, R.Halili, and B.Dragusha, "Comparative Analysis of Downlink Signal Levels Emitted by GSM 900, GSM 1800, UMTS, and LTE Base Stations", 16th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop, June 28-30, 2017, Budva, Montenegro, 5 p.
7. J.Karpowicz, S.Miguel-Bilbao, V.Ramos, F.Falcone, K.Gryz, W.Leszko and P.Zradziński, "The evaluation of Stationary and Mobile Components of Radiofrequency Electromagnetic Exposure in the Public Accessible Environment", Proc. of the Int. Symp. "EMC Europe 2017, Angers, France, Sept. 4-8, 2017, 4 p.
8. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Rec. ITU-R M.2083.
9. Zhang Z., Xiao Y., Ma Z., Xiao M., Ding Z., Lei X., Karagiannidis G.K. and Fan P. 6G Wireless Networks: Vision, Requirements, Architecture, and Key Technologies. *IEEE VT Magazine*. 2019;14(3):28-41.
10. L.Hardell, M.Carlberg. Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. *Oncology Letters* 20: 15, 2020, p.1-11. DOI: 10.3892/ol.2020.11876.

11. Buchner K and Rivasi M: The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Conflicts of interest, corporate capture and the push for 5G. 98 p. <https://klaus-buchner.eu/wp-content/uploads/2020/06/ICNIRP-report-FINAL-19-JUNE-2020.pdf>. Accessed July 6, 2020.
12. V.I.Mordachev. COVID-19 lethality rate may be affected by electromagnetic radio frequency pollution. 4G/5G/6G can be safe for people. *Doklady BGUIR*. 2020; 18(4): 96-112.
13. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. <https://covid19.who.int/table> (on-line resource).
14. Daily new confirmed COVID-19 cases per million people: <https://ourworldindata.org/> (on-line resource).
15. On Petitions for Review of an Order of the Federal Communications Commission. United States Court of Appeals, Decision No. 20-1025 dt. August 13, 2021, Consolidated with 20-1138
16. US RF electromagnetic field limits to be reconsidered based on final judgment in favor of wireless security advocates. Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection (RNCNIRP): press release. <http://www.emf-net.ru/index.php?id=258> (on-line resource, in Russian).

**От автора: полный текст статьи на английском языке можно скачать по ссылке <https://doklady.bsuir.by/jour/article/view/3285/1785>**