

УДК: 550.346

DOI: 10.26907/rwp29.2025.352-355

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СУТОЧНЫХ И СЕЗОННЫХ ВАРИАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В СДВ ДИАПАЗОНЕ

И.Б. Нагуслаева, Ю.Б. Башкуев

Институт физического материаловедения СО РАН, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 7
e-mails: idam.naguslayeva@mail.ru; buddich@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты мониторинга естественного и техногенного СДВ электромагнитного поля в окрестности города Улан-Удэ и в условиях города за 2008–2024 гг. За длительный период наблюдений установлено, что интенсивность естественного электромагнитного поля в СДВ диапазоне в окрестности города Улан-Удэ имеет устойчивые сезонные суточные хода. Подтвержден "воскресный" эффект, заключающийся в том, что в выходные дни уровень техногенного электромагнитного поля уменьшается на 3-4 порядка относительно рабочих дней.

Ключевые слова: естественное и техногенное электромагнитное поле, СДВ-диапазон, суточные и сезонные вариации.

PATTERNS OF SEASONAL DAILY VARIATIONS OF THE EARTH'S NATURAL ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE VLF RANGE

I.B. Naguslaeva, Yu.B. Basykuev

Abstract. Some results of monitoring of natural and man-made electromagnetic field in the vicinity of Ulan-Ude and in the city conditions for 2008-2024 are presented. Over a long period of observations, it is generalized that the intensity of the natural electromagnetic field in the ULW range in the vicinity of Ulan-Ude has a stable seasonal diurnal variation. The "Sunday" effect is confirmed, which consists in the fact that on weekends the level of the man-made electromagnetic field decreases by 3-4 orders of magnitude relative to working days.

Keywords: natural and man-made electromagnetic field, ULW range, daily and seasonal variations.

Электромагнитное поле представляет собой важнейший фактор окружающей среды, тесно взаимосвязанный с другими составляющими природного комплекса планеты и воздействующим на жизнедеятельность человека. Знания о природе и источниках возникновения 550.346 электромагнитного поля весьма актуальны с точки зрения экологии [1]. Измерения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) в СДВ диапазоне проводятся нами с помощью многоканальных геофизических регистраторов МГР-01, разработанных и изготовленных в ИМКЭС СО РАН (г. Томск). МГР-01 включает в себя датчики магнитной *H* на резонансной частоте 14,5 кГц и электрической *E* компонент ЕИЭМПЗ, источник питания и блок сбора и предварительной обработки аналоговых сигналов, который подключен к управляющему компьютеру [2].

Регистратор МГР-01 установлен на стационаре «Верхняя Березовка» (51.87° N, 107.65° E) в пригороде Улан-Удэ, где эксплуатируется в непрерывном круглогодичном режиме с 31 марта 2008 года [3, 4]. Результаты анализа многолетних наблюдений показали, что интенсивность суточных вариаций импульсного потока в СДВ диапазоне имеет устойчивые суточные хода, характерные для разных сезонов года. В таблицах 1 и 2 приведены коэффициенты взаимной межгодовой корреляции магнитной компоненты ЕИЭМПЗ за февраль 2009 – 2024 гг. и июль 2008-2023 гг. по направлениям приема «север-юг» (с-ю) и «запад-восток» (з-в). Из таблицы 1 видно, что в зимнее время в феврале 2009-2024 гг. коэффициент взаимной межгодовой корреляции усредненной магнитной компоненты по направлению приема «север-юг» заметно нестабильный и составляет от 0,02 до 0,86, а по направлению «запад-восток» от 0,74 до 0,98, причем почти в 80 % случаев коэффициент превышает 0,9. В летнее же время в июле 2008-2023 гг. достаточно высокие уровни взаимной межгодовой корреляции усредненной магнитной компоненты по двум взаимно-ортогональным направлениям датчика: по направлению «север-юг» от 0,39 (единичный случай) до 1, по направлению «запад-восток» от 0,57 (также единичный случай) до 1 (нет такого существенного разброса как в феврале). Из многолетних наблюдений за интенсивностью магнитной компоненты ЕИЭМПЗ на частоте 14,5 кГц

Таблица 1. Коэффициенты взаимной корреляции магнитной компоненты за февраль 2009–2024 гг.

Направл. приема с-ю / з-в	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
2010 г.	0,8/0,95						
2011 г.	0,32/0,95	0,25/0,97					
2012 г.	0,73/0,91	0,79/0,92	0,22/0,88				
2013 г.	0,77/0,93	0,67/0,88	0,2/0,84	0,88/0,95			
2014 г.	0,77/0,95	0,62/0,9	0,26/0,87	0,84/0,89	0,94/0,94		
2015 г.	0,9/0,95	0,82/0,91	0,28/0,87	0,86/0,95	0,9/0,99	0,86/0,95	
2016 г.	0,96/0,96	0,82/0,97	0,29/0,97	0,71/0,89	0,72/0,89	0,71/0,9	0,86/0,92
2017 г.	0,86/0,96	0,81/0,95	0,2/0,93	0,61/0,94	0,54/0,93	0,49/0,91	0,75/0,94
2018 г.	0,88/0,92	0,78/0,88	0,22/0,86	0,85/0,98	0,86/0,97	0,83/0,91	0,94/0,97
2019 г.	0,64/0,95	0,57/0,93	0,14/0,9	0,71/0,97	0,66/0,98	0,58/0,94	0,7/0,99
2020 г.	0,75/0,96	0,5/0,95	0,39/0,94	0,56/0,95	0,5/0,94	0,59/0,95	0,61/0,9
2021 г.	0,78/0,94	0,69/0,95	0,2/0,94	0,5/0,95	0,42/0,94	0,45/0,92	0,62/0,96
2022 г.	-0,17/0,83	0,05/0,79	-0,07/0,74	-0,2/0,86	-0,51/0,89	-0,5/0,83	-0,28/0,92
2023 г.	0,92/0,97	0,85/0,95	0,24/0,91	0,78/0,95	0,78/0,96	0,72/0,93	0,88/0,96
2024 г.	0,93/0,99	0,84/0,9	0,24/0,94	0,72/0,91	0,67/0,92	0,66/0,94	0,85/0,95

Продолжение табл. 1

Направл. приема с-ю/з-в	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
2017 г.	0,87/0,94							
2018 г.	0,87/0,89	0,79/0,95						
2019 г.	0,7/0,94	0,58/0,96	0,76/0,97					
2020 г.	0,74/0,95	0,56/0,95	0,57/0,95	0,53/0,97				
2021 г.	0,83/0,96	0,77/0,94	0,68/0,94	0,59/0,98	0,62/0,98			
2022 г.	-0,1/0,8	0,21/0,81	-0,2/0,86	-0,2/0,89	-0,2/0,84	0,14/0,85		
2023 г.	0,92/0,96	0,88/0,97	0,93/0,94	0,75/0,98	0,59/0,95	0,77/0,95	-0,1/0,85	
2024 г.	0,92/0,97	0,89/0,96	0,84/0,91	0,65/0,95	0,7/0,97	0,83/0,96	-0,02/0,83	0,94/0,96

Таблица 2. Коэффициенты взаимной корреляции магнитной компоненты за июль 2009 – 2024 гг.

Направл. приема с-ю / з-в	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
2009 г.	0,94/0,9							
2010 г.	0,91/0,8	0,95/0,95						
2011 г.	0,76/0,78	0,83/0,94	0,75/0,95					
2012 г.	0,92/0,83	0,92/0,93	0,91/0,92	0,8/0,88				
2013 г.	0,91/0,93	0,91/0,93	0,91/0,94	0,75/0,87	0,97/0,98			
2014 г.	0,95/0,9	0,96/0,96	0,95/0,95	0,75/0,92	0,97/0,96	0,97/0,97		
2015 г.	0,92/0,94	0,85/0,87	0,83/0,79	0,67/0,76	0,88/0,9	0,92/0,89	0,91/0,92	
2016 г.	1/1	0,91/0,95	0,91/0,8	0,76/0,78	0,92/0,83	0,93/0,84	0,95/0,9	0,9/0,97
2017 г.	0,91/0,95	0,93/0,9	0,69/0,83	0,69/0,81	0,84/0,89	0,87/0,87	0,92/0,94	0,9/0,97
2018 г.	0,85/0,89	0,85/0,84	0,86/0,77	0,66/0,76	0,85/0,82	0,87/0,83	0,91/0,89	0,87/0,9
2019 г.	0,8/0,86	0,66/0,81	0,68/0,8	0,55/0,72	0,78/0,92	0,84/0,92	0,79/0,9	0,91/0,94
2020 г.	0,65/0,85	0,67/0,89	0,59/0,84	0,69/0,8	0,64/0,9	0,7/0,92	0,64/0,9	0,72/0,88
2021 г.	0,64/0,85	0,66/0,79	0,62/0,71	0,43/0,76	0,68/0,8	0,71/0,79	0,73/0,87	0,75/0,89
2022 г.	0,82/0,87	0,74/0,76	0,72/0,68	0,52/0,63	0,78/0,84	0,84/0,83	0,82/0,84	0,93/0,95
2023 г.	0,82/0,74	0,86/0,92	0,82/0,95	0,88/0,94	0,84/0,88	0,81/0,88	0,82/0,87	0,66/0,71

Продолжение табл. 2

Направл. приема с-ю / з-в	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
2017 г.	0,91/0,95						
2018 г.	0,85/0,89	0,9/0,95					
2019 г.	0,81/0,86	0,74/0,9	0,8/0,8				
2020 г.	0,65/0,85	0,69/0,92	0,66/0,87	0,62/0,87			
2021 г.	0,75/0,83	0,78/0,93	0,81/0,94	0,72/0,79	0,67/0,81		
2022 г.	0,82/0,87	0,87/0,93	0,88/0,9	0,92/0,93	0,66/0,87	0,85/0,89	
2023 г.	0,82/0,74	0,66/0,72	0,61/0,64	0,56/0,73	0,57/0,78	0,39/0,6	0,48/0,57

и анализе суточных ходов местной грозовой деятельности и мировых грозовых центров нами подтвержден вывод о том, что на формирование естественного электромагнитного поля Земли влияют как местная, так и мировая грозовая деятельность. Так, в [5] нами показано, что в летнее время коэффициент корреляции для расчетного периода (июль 1998 г., июль 2001 г.) между суточным ходом ЕИЭМПЗ на станции наблюдения «Верхняя Березовка» и «Надеино» и местной грозовой деятельностью составил 0,8. Этим объясняется высокий уровень межгодовой корреляции магнитной компоненты по обоим направлениям приема в июле 2008–2023 гг. В зимнее же время, когда отсутствует местная грозовая деятельность, в волноводе "Земля-ионосфера" распространяются атмосферики от относительно редких грозовых разрядов, в основном, в экваториальных широтах. Этим, вероятно, объясняется стабильно высокий уровень межгодовой корреляции магнитной компоненты именно по направлению ориентации датчика «запад-восток» в феврале. Следует отметить, что в работе [6] подтвержден наш вывод о влиянии мировой и местной грозовой деятельности на формирование суточных ходов магнитной компоненты естественного электромагнитного поля, в ней говорится: «осциллографический анализ формы и длительности принимаемых импульсных сигналов показал, что около 90 % импульсов относится к атмосферикам и только около 4 % импульсов, вероятно, связаны с литосферой». Анализ результатов наблюдений по направлениям датчика «север-юг» и «запад-восток» показывает преимущественное направление прихода импульсного потока ЕИЭМПЗ по направлению датчика «запад-восток» во все сезоны года. Этот результат подтверждает выводы работы [7].

Интересно показать результаты мониторинга с помощью регистратора МГР-01 техногенного электромагнитного фона в условиях города Улан-Удэ с населением около пятисот тысяч человек и естественного электромагнитного фона в пригороде «Верхняя Березовка». Второй регистратор МГР-01, аналогичный регистратору МГР-01 на «Верхней Березовке», был установлен на третьем этаже западной стороны здания Института физического материаловедения СО РАН. Следует отметить, что при проведении одновременных измерений работа всех каналов регистраторов была синхронизирована, параметры и режимы регистрации установлены идентично. При анализе результатов измерений в мае 2024 г. выявлено, что на стационаре «Верхняя Березовка» наблюдается постепенное увеличение интенсивности магнитной компоненты от начала к концу месяца – от ~ 200 имп/час до ~ 4000 имп/час по обоим направлениям приема, что вызвано

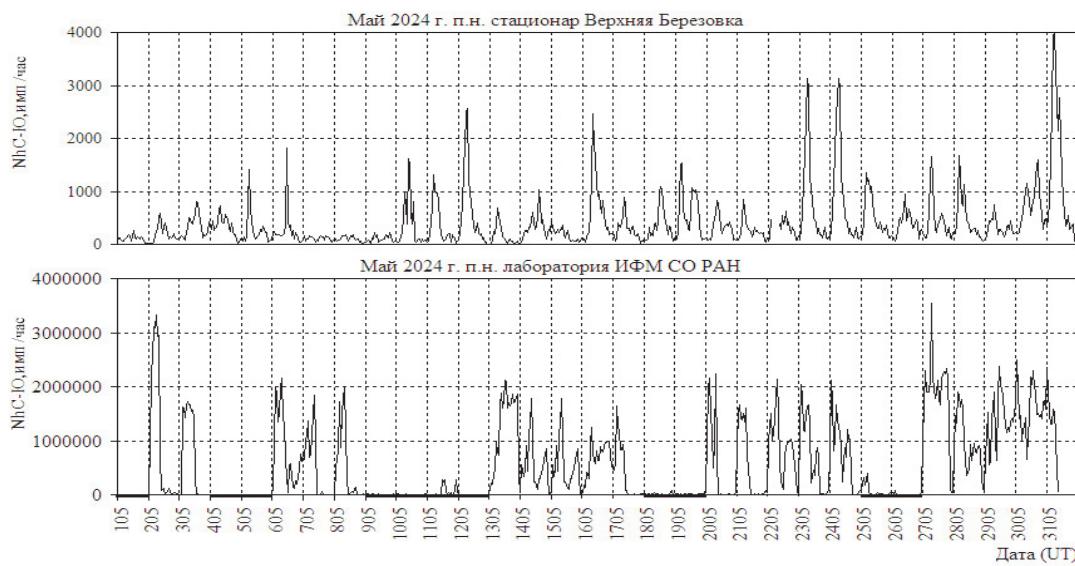


Рис. 1. а) суточный ход магнитной компоненты ЕИЭМПЗ на частоте 14,5 кГц (п.н. «Верхняя Березовка»); б) суточный ход аддитивной смеси естественного и техногенного электромагнитного излучения на частоте 14,5 кГц (лаборатория ИФМ СО РАН). Утолщенной линией подчеркнуты выходные дни

приближением сезона местной грозовой активности (рис. 1а), а в условиях города максимальная суточная интенсивность магнитной компоненты в течение месяца в основном «держится» на одном уровне ~ 2000000 имп/час (рис. 1б). В условиях города отмечен «воскресный» эффект, заключающийся в том, что в выходные дни (суббота, воскресенье и праздничные дни) уровень СДВ поля уменьшается на 5-6 порядков относительно рабочих дней. Этот известный в электромагнитной экологии эффект свидетельствует об активной производственной деятельности в г. Улан-Удэ. Соотношение естественного (в среднем ~ 1200 имп/час) и аддитивной смеси естественного и техногенного электромагнитного излучения (до ~ 2000000 имп/час в рабочие дни) наглядно свидетельствует о сильном техногенном электромагнитном загрязнении г. Улан-Удэ.

Выводы

Из многолетних непрерывных наблюдений (с 31 марта 2008 г. по июнь 2024 г.) подтверждено, что интенсивность магнитной компоненты ЕИЭМПЗ в СДВ диапазоне в пригороде Улан-Удэ (п.н. «Верхняя Березовка») имеет устойчивые суточный и сезонный хода. При анализе коэффициентов взаимной корреляции усредненных суточных ходов магнитной компоненты ЕИЭМПЗ по двум взаимно-ортогональным направлениям приема в зимнее и летнее время нами подтвержден вывод о том, что на формирование естественного электромагнитного поля Земли влияют как местная, так и мировая грозовая деятельность. В вариациях интенсивности магнитной компоненты ЕИЭМПЗ аддитивной смеси техногенного и естественного электромагнитного поля в условиях города Улан-Удэ подтвержден суточный ход, отражающий производственную деятельность города. Отмечен «воскресный» эффект, заключающийся в том, что в субботу, воскресенье и праздничные дни уровень техногенного СДВ электромагнитного поля уменьшается на 3–4 порядка относительно рабочих дней. Соотношение техногенного (2 млн имп/час и выше) и естественного электромагнитного поля (в среднем примерно до 1000 имп/час) на месячном интервале наблюдений наглядно свидетельствует о продолжающемся сильном техногенном электромагнитном загрязнении города Улан-Удэ.

Список литературы

1. Аполлонский С.М., Малаян К.Р. Электромагнитная экология человека. – С-Пб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. – 556 с.
2. Малышков Ю.П., Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю.Б. Многоканальный геофизический регистратор МГР-01 и некоторые результаты его применения в Байкальском регионе. // Вестник Международной Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – Т.13. – № 3 (приложение). – 2008. – С. 197–200.
3. Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю.Б. Электромагнитная диагностика неоднородных сред сейсмоактивной области. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. 2012. – 132 с.
4. Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г. Сезонные и пространственные изменения суточных вариаций ОНЧ импульсного потока естественного электромагнитного поля, регистрируемые на средних широтах // Геомагнетизм и аэрономия. – 2016. – Т. 56. – № 3. – С. 380–385.
5. Сейсмоионосферные и сейсмоэлектромагнитные процессы в Байкальской рифтовой зоне / Афраймович Э.Л. [и др.]; отв. ред. Г.А. Жеребцов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики, Ин-т земной коры, Ин-т физического материаловедения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – (Интеграционные проекты СО РАН.) – Вып. 35. – 2012. – 304 с.
6. Липеровский В.А., Похотов О.А., Шалимов С.Л. Ионосферные предвестники землетрясений. – М.: Наука, 1992. – 304 с.
7. Козлов В.И., Муллаяров В.А. Грозовая активность в Якутии. – Якутск, ЯФ изд-ва СО РАН, 2004. – 104 с.