

**Любимов В.В.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
им. Н.В. Пушкова Российской академии наук*

## **К 45-ЛЕТИЮ ГЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМИРАН НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ: ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно [1, 2], что среди основных факторов окружающей среды, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье человека, значительно в меньшей мере изучены такие факторы физической природы, как электромагнитные поля (ЭМП). Все источники ЭМП подразделяются на естественные и техногенные. К первым относятся электрическое и магнитное поля Земли (МПЗ). В отличие от МПЗ, которое можно квалифицировать как квазистатическое поле, техногенные ЭМП создаются источниками переменного тока и широко варьируют по своим частотным характеристикам. С точки зрения медицины и магнитобиологии в настоящее время уже не вызывает сомнений тот факт, что ЭМП естественного происхождения (естественный электромагнитный фон Земли) следует рассматривать как один из важнейших экологических и биотропных факторов (БФ) [1, 2]. Наличие естественных ЭМП в окружающей среде является совершенно необходимым для существования нормальной жизнедеятельности, а их отсутствие или дефицит – приводит к серьезным негативным, порой даже необратимым последствиям для живого организма.

По данным экологов и врачей-гигиенистов известно [2], что все диапазоны электромагнитных излучений (ЭМИ) оказывают влияние на здоровье и работоспособность людей, а воздействие ЭМП на человека в силу их большой распространенности более опасно, чем радиация. Доказано, что наиболее чувствительной системой организма человека к действию ЭМП является центральная нервная система. Человек не способен физически ощущать окружающие его ЭМП, однако они вызывают уменьшение его адаптивных резервов, снижение иммунитета, работоспособности, увеличивает риск заболеваний.

Энергетическая нагрузка от ЭМИ в промышленности и в быту возрастает постоянно в связи со стремительным расширением сети источников физических полей электромагнитной природы, а также с увеличением их мощностей. Несмотря на то, что у физиков нет общепризнанного понимания того, как слабые низкочастотные ЭМП

вызывают реакцию живых систем, вполне очевидно, что следует всячески избегать длительного их воздействия на людей. Особенно опасна составляющая ЭМП - *магнитное поле (МП)*. Многие лабораторные и клинические исследования, проведенные учёными в разных странах мира, показали, что длительное воздействие ЭМП приводит к изменениям на клеточном уровне, в частности, к появлению онкологических заболеваний, а также таким болезням, как иммунная недостаточность, синдром хронической усталости [1, 2].

В ИЗМИРАН на протяжении многих лет различными коллективами учёных проводились и в настоящее время ведутся исследования, посвященные проблеме влияния естественных и искусственно созданных ЭМП на здоровье человека [2-8], ведутся работы по созданию необходимых уникальных приборов [3-5, 7-22]. Необходимость принимать меры защиты от влияния естественных магнитных возмущений и магнитных бурь (МБ), в первую очередь для больных людей, диктует потребность в средствах их обнаружения в реальном масштабе времени, в том числе и в условиях промышленного большого города с мощными искусственно созданными ЭМИ. До недавнего времени считалось, что зафиксировать МБ можно только в местах со сравнительно спокойным МП, без сильных промышленных помех. Известно, что уровень помех с частотой сети в обычных лабораторных условиях или в условиях городских больниц и клиник может превышать вариации естественного геомагнитного поля в тысячу и более раз.

Начиная с 90-х годов прошлого века, в ИЗМИРАН приступили к изготовлению простых, недорогих приборов для оснащения медицинских учреждений, способных индицировать процесс изменения естественного МП в реальном времени [9, 11, 15-20, 22]. В результате появился новый класс магнитометров – индикаторы магнитной бури (ИМБ) и регистраторы магнитной активности (РМА), общий вид которых представлен на *рис.1*.



**Рис.1. Общий вид ИМБ и РМА для геофизических и магнитобиологических исследований.**

Изготовленные в период с 1992 по 2007 гг. модели ИМБ [9, 15-17] и РМА [12, 15] на основе феррозондовых датчиков получились малогабаритными, достаточно простыми в эксплуатации и обслуживании. Опытные образцы ряда приборов прошли клинические и лабораторные испытания в некоторых исследовательских центрах и организациях [10, 13, 14, 21]. В процессе проводимых экспериментальных работ были созданы специальные компьютерные программы, позволяющие проводить корреляционный анализ получаемых медицинских и геофизических данных.

Накопленный опыт использования ИМБ, РМА и других магнитометрических приборов различных типов и конструкций [3, 4, 7, 10] в клиниках показал принципиальную и реальную возможность их применения в условиях с достаточно большим уровнем техногенных электромагнитных помех [13-15, 17, 21] в условиях, где МП бывает сильно аномальным.

Ниже представлен один из реальных наглядных примеров геомагнитных обсерваторских наблюдений за вариациями МПЗ при помощи созданной в ИЗМИРАН цифровой магнитовариационной станции (ЦМВС) серии «Кварц-4» [23] и организации пункта наблюдений (ПН) в помещении одного из медицинских учреждений расположенных на Крайнем Севере в районе полуострова Ямал [24]. Эти наблюдения были предназначены для научных медицинских исследований.

### **РАБОТЫ НА ТЕРРИТОРИИ НИИ МЕДИЦИНСКИХ ПРОБЛЕМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РАМН (НАДЫМ)**

Работы в НИИ Медицинских проблем КС (МПКС) РАМН расположенном на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в 20-ти км от г. Надым начались в 2007 г. по инициативе основателя института член-корреспондента РАМН, профессора А.А. Буганова. Цель работ - создание на территории НИИ собственного ПН за вариациями МПЗ, за электромагнитной обстановкой окружающей среды и связь получаемых данных с медицинскими исследованиями и работами, проводимыми врачами и научными сотрудниками в НИИ. Для реализации этой программы работ, а также для выполнения поставленных медиками последующих научных задач, связанных с регистрацией магнитных возмущений и МБ (в частности, - с вычислением К-индекса магнитной активности и выявления его корреляции с результатами медицинских исследований), сотрудниками ИЗМИРАН в рамках Государственного контракта был изготовлен для НИИ МПКС комплект ЦМВС «Кварц-4» [23, 25]. Этот прибор в течении полугода прошёл предварительные испытания и метрологическую поверку в условиях магнитной обсерватории (МО) «Москва», был доставлен сотрудниками ИЗМИРАН в

НИИ МПКС в конце сентября 2007 года и установлен на пятом этаже главного здания института, где и был затем организован ПН «Надым». Первоначально администрацией института предполагалось установить датчики ЦМВС вне главного здания, а рядом на территории на расстоянии примерно 35 м от здания на специально сделанном деревянном немагнитном столбе. Однако суровые погодные условия Севера, снежные заносы и проезжающая мимо снегоочистительная техника, - не позволили это сделать. С руководством НИИ было принято решение установить датчики прибора в помещении в одном из отдалённых и редко посещаемых крыльев главного здания. В результате проведённых сотрудниками ИЗМИРАН исследований уровня ЭМП в этом помещении (в комнате) с помощью феррозондового магнитометра ФМ-03РМ [26] электромагнитные шумы и помехи от медицинской аппаратуры оказались незначительны, порядка 1-2 нТл (на уровне амплитуды шумов существующих в некоторых действующих МО). Вся регистрирующая аппаратура и компьютеры были установлены в рабочей комнате, отстоящей от комнаты с магнитными датчиками (МД) на расстоянии порядка 25...30 м.

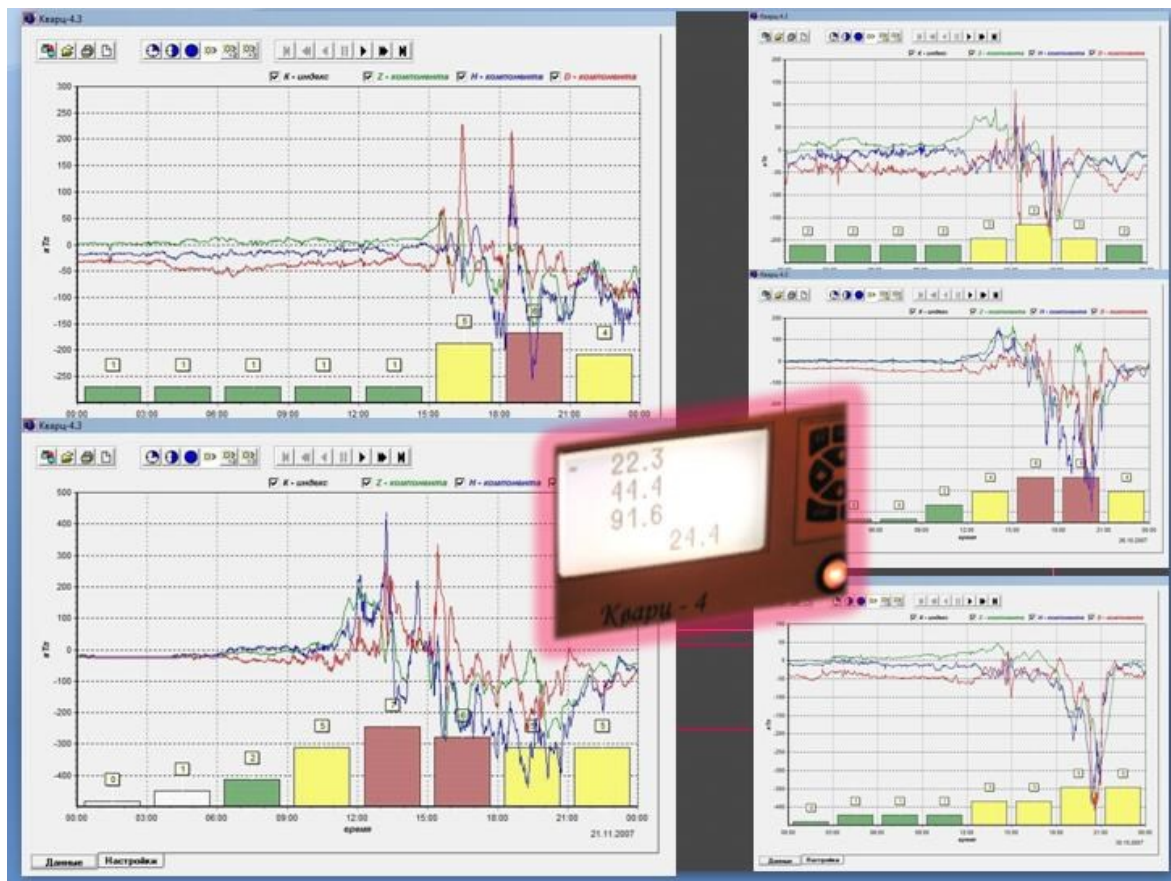


**Рис.2. Проведение установочных и методических работ с ЦМВС «Кварц-4» на ПН в помещении на пятом этаже главного здания НИИ МПКС РАМН.**

Был произведён монтаж, установка и проверка аппаратуры ЦМВС, получены пробные суточные записи вариаций МП, произведена оценка уровня электромагнитных шумов и помех на ПН «Надым» в месте установки МД. Одновременно проводилось



обучение обслуживающего персонала (сотрудников, которые в дальнейшем должны были работать с ЦМВС и с получаемыми данными) как правилам работы с датчиком (его установке и юстировке), так и работе с программным обеспечением ЦМВС. Общий вид ЦМВС и фрагменты работы с прибором можно видеть на *рис.2*.



**Рис.3. Магнитограммы с зарегистрированными ЦМВС «Кварц-4» различного типа МБ в период с 2007 по 2008 гг. на ПН «Надым» (НИИ МПКС РАМН).**

В результате установки и использования ЦМВС «Кварц-4» на этом ПН была получена база цифровых 1-секундных данных о вариациях МП за период времени в полтора года [24]. Фрагменты записи ЦМВС – суточные магнитограммы с зарегистрированными типами МБ на ПН «Надым» представлены на *рис.3*.

### **НЕКОТОРЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На базе клиники НИИ МПКС РАМН г. Надым проведено открытое исследование по оценке воздействия различных типов МБ на здоровье северян ЯНАО. В мониторинге приняли участие 56 человек трудоспособного организованного пришлого населения. Контингент обследуемых был набран из числа условно здоровых лиц в возрасте от 20 до 60 лет. Для определения степени зависимости расстройств от изменения геомагнитного

фона использовалась оценка реагирования по сумме субъективных реакций на возмущающий фактор. Продолжительность исследования составила несколько месяцев, по результатам опроса создана база данных.

При проведении исследований медиками в качестве одного из БФ рассматривался локальный К-индекс магнитной активности для ПН «Надым», характеризующий вариации геомагнитного поля, регистрируемые ЦМВС «Кварц-4» [23]. Принимались во внимание также изменения других влияющих на здоровье людей факторов: температуры и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, скорости ветра и фаз Луны.

Для выделения типов МБ сотрудниками НИИ МПКС РАМН был проведён кластерный и корреляционный анализ на ассоциированность связи БФ с симптомами в магнитоспокойные (МС) и магнитовозмущенные (МВ) дни, а также частотный анализ Фишера для сравнения всех МВ дней с одним МС днем и сравнение физических характеристик МБ.

Таблица

Тип МБ	Характеристика МБ	Значение К-индекса	Влияние МБ на человека
А	Малые МБ. Характеризуются постепенным началом со слабо возмущенным МП.	5	Отрицательное действие МБ на человека проявляется после прохождения пика возмущения.
В	Умеренные и малые МБ, следующие друг за другом через 12 часов. Это МБ с постепенным началом.	В максимуме возмущения первой МБ равен 6.	МБ данного типа действуют на организм человека до и после пика возмущения.
С	Большие и умеренные МБ, следующие друг за другом через 36 часов. Первая МБ характеризуются наибольшей продолжительностью (12 часов). Второе возмущение более слабое, продолжительность составляет около 6 часов.	В максимуме возмущения первой МБ равен 7.	Негативное действие МБ данного типа происходит после прохождения пиков возмущения и характеризуется ухудшением общего самочувствия людей.

В результате использования данных ЦМВС на ПН «Надым» и проведённых исследований группой исследователей-медиков выявлено (по данным Е. Кабановой), что с увеличением значений К-индекса магнитной активности ассоциируется ухудшение

общего самочувствия и умственной работоспособности обследуемых. Так, после прохождения МБ, выявлены достоверные связи физической работоспособности обследуемых людей также и с перепадами атмосферного давления и влажностью воздуха.

Согласно проведённым медицинским исследованиям, зафиксированным в процессе исследования МБ и их последующему анализу было выявлено три типа МБ, которые были классифицированы по степени влияния на здоровье людей. Результаты этой классификации МБ приведены в *таблице*.

О результатах этих исследований в апреле 2008 года так писала выпускаемая на тот момент времени в г. Надым местная интернет-газета ЯНАО «Ямал-Информ» [27]:

«Проблемы здоровья ямальцев продолжают изучать специалисты надымского Научно-исследовательского института медицинских проблем Крайнего Севера... Исследования влияний погодных и геомагнитных факторов на здоровье северян ведутся уже полгода с помощью ЦМВС «Кварц-4»... ЦМВС регистрирует вариации МПЗ, МБ в реальном времени, высчитывает трехчасовой К-индекс. МБ воздействуют на все население Земли, но неодинаково. Есть зоны, в которых магнитная активность значительно выше. К таким относят и Надымский район. Исследования проводятся учёными с сентября 2007 года. Так, самая интенсивная МБ в семь баллов (высшим считается - 9) была зарегистрирована 20 ноября 2007 года, а самая продолжительная МБ, - пять дней магнитной активности, - в феврале 2008 года. В исследованиях, по изменению самочувствия, лидируют такие симптомы, как головная боль, снижение работоспособности, сонливость. У наблюдаемых с хроническими заболеваниями отмечается учащение приступов. Для того, чтобы научиться прогнозировать изменение здоровья, вследствие МБ, у жителей Ямала, а также разработать методы, направленные на предотвращение и предупреждение ухудшения самочувствия, необходимо изучить типы МБ. Разновидностей много, но есть ряд принципиально схожих особенностей. На протяжении длительного времени специалистами НИИ была собрана информация (на тот момент времени) о более 80 пациентах с различными хроническими заболеваниями и без них. Самочувствие у наблюдаемых, в зависимости от типа МБ, ухудшалось до, во время и после магнитной активности. Исследования по классификации МБ в зависимости от их воздействий на человека были завершены в сентябре 2008 г. и далее начался следующий этап - разработка методик для профилактики предупреждений этого биотропного влияния МБ».

## Литература

1. Гичев Ю.П., Гичев Ю.Ю. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека: Аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ. - Новосибирск, 1999. - 90 с. - (Сер. Экология. Вып. 52).
2. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей. *Препринт* №7 (1103) М.: ИЗМИРАН, 1997. - 85 с.
3. Gurfinkel' Y., Lyubimov V., Orayevskii V., Parfenova L. Geomagnetic Monitoring: Experiments and Prospects in Biology and Medicine // Non-equilibrium and Coherent Systems in Biology, Biophysics and Biotechnology /Proceedings of International Conference Dedicated to the 120<sup>th</sup> birthday of Alexander Gavrilovich Gurwitsch (1974-1954) September, 28 – October, 2, 1994. Moscow, Russia. Abstracts / Bioinform Services Co., Russia, 1995, P.473-476.
4. Гурфинкель Ю.И., Гусева Т.А., Канониди Х.Д., Любимов В.В., Ораевский В.Н., Шарыгин С.А. Опыт и результаты проведения мониторинговых работ в условиях промышленного города, курортных зон и в клиниках. *Препринт* №3 (1099) М.: ИЗМИРАН, 1997. - 19 с.
5. Рагульская М.В., Любимов В.В. Приборное изучение воздействий естественных магнитных полей на БАТ человека: методы, средства, результаты // *Журнал Биомедицинская радиоэлектроника*. №11. М.: Наука, 2000. (<http://jre.cplire.ru/jre/nov00/>)
6. Любимов В.В., Рагульская М.В. Электромагнитные поля, их биотропность и нормы экологической безопасности // *Успехи современной радиофизики*. М., 2004. №3. С.49-60.
7. Горго Ю.П., Рагульская М.В., Любимов В.В., Ильин В.Н., Андрийчук Ю.Н. Инструментальный электромагнитный контроль производственных и жилых помещений на примере антарктической станции «Академик Вернадский» // *Датчики и Системы / Конструирование и производство датчиков, приборов и систем*. М.: «ООО СенСиДат», 2005. №2. С.26-31.
8. Любимов В.В., Рагульская М.В., Хабарова О.В. Влияние изменения естественного магнитного поля на биологически активные точки человека: организм человека как детектор магнитных бурь // *Медицинская физика*. М., 2005. №1(25). С.46-55.
9. Любимов В.В. Феррозондовые диагностические магнитометры, созданные в ИЗМИРАН в период с 1989 по 1994 гг. (Обзор). *Препринт* №15 (1065) М.: ИЗМИРАН, 1994. - 19 с.
10. Гурфинкель Ю.И., Любимов В.В., Ораевский В.Н. Опыт применения диагностического магнитометра в клинике неотложных состояний // *Биофизика*, М.: Наука, 1995. Том 40. Вып.5. С.1042-1049.



11. Любимов В.В., Заруцкий А.А. Диагностический магнитометр - индикатор магнитной бури // *Приборы и техника эксперимента*. М.: Наука, 1996. №2. С.171.
12. Зверев А.С., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Регистратор магнитной активности // *Приборы и техника эксперимента*. М.: Наука, 1997. №1. С.168.
13. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Использование диагностических магнитометров и индикаторов магнитной бури в клинике для электромагнитного мониторинга и в качестве информационного инструмента по выявлению магнитозависимых людей // Международная конференция "Экологическая геофизика и геохимия". *Сборник материалов*. Москва-Дубна: ВНИИгеосистем, 1998. С.177-178.
14. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Применение регистратора магнитной активности IDL-04 в условиях клиники//Международная школа-семинар - ACS'98 "Автоматизированные и компьютерные системы в науке, технике и промышленности" (29 июня-5 июля 1998 г., Москва, МГУ). *Тезисы докладов*. М.: МГУ, 1998. С.160-162.
15. Любимов В.В. Искусственные и естественные электромагнитные поля в окружающей человека среде и приборы для их обнаружения и фиксации. *Препринт №11 (1127)* Троицк: ИЗМИРАН, 1999. - 28 с.
16. Lyubimov V.V. Instruments for the natural magnetic fields registration in the city conditions: the magnetic storm indicators //15th International Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility (June 27-30, 2000). *Abstracts*. Wroclaw, 2000. Part 1. PP.379-382.
17. Lyubimov V.V. Instruments for the Natural Magnetic Fields Registration in the City Conditions: the Magnetic Storm Indicators. *Preprint* of IZMIRAN No.5 (1133) Troitsk, 2000. - 14 p.
18. Любимов В.В. Малогабаритные анализаторы естественных и искусственных электромагнитных микрополей // ACS'2002 Школа-семинар по компьютерной автоматизации и информатизации. М.: ЦНИИ АТОМИНФОРМ 2003. С.232-236.
19. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Новые приборы для исследования гипогеомагнитных полей и помещений // *Медицинская физика*. М., 2004. №4(24). С.32-35.
20. Любимов В.В. Приборы для электромагнитного мониторинга и экологических исследований окружающей среды // *Датчики и Системы* / Конструирование и производство датчиков, приборов и систем. М.: «ООО СенСиДат», 2004. №9. С.25-27.

21. Гурфинкель Ю.И., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Применение регистратора магнитной активности IDL-04 в условиях клиники // *Датчики и Системы* / Новые приборы. М.: «ООО СенСиДат», 2005. №2. С.39.

22. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Малогабаритный цифровой интеллектуальный регистрирующий феррозондовый магнитометр MAGIC МФ-03-Р // *Датчики и Системы* / Конструирование и производство датчиков, приборов и систем. М.: «ООО СенСиДат», 2004. №10. С.37-38.

23. Бурцев Ю.А., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровая магнитовариационная станция «КВАРЦ-4» // *Датчики и Системы* / Новые приборы. М.: «ООО СенСиДат», 2006. №1. С.45-48.

24. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Опыт работы с цифровыми магнитометрами в условиях Ямала и Крайнего Севера // Научная конференция *«Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований»* 24-26 мая 2011, г. Троицк, ИЗМИРАН, 2011. С.27.

25. Любимов В.В. К 45-летию геомагнитных исследований ИЗМИРАН на Крайнем Севере: История создания и применения цифровых магнитометров (Обзор) // *Уральский научный вестник* / Физика: Геофизика. Уральск: ТОО Уралнаучкнига, 2018. Volume 2. №8. С.3-14.

26. Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровой малогабаритный микропотребляющий магнитометр для различного применения // *Aktualni vymozenosti vedy – 2012* / Materialy VIII Mezinarodni vedecko-prakticka konference 27 cervna-05 cervencu 2012/Fyzika. Dil 20, Praha, 2012. S.12-19.

27. Интернет-газета ЯНАО «Ямал – Информ». Апрель 2008.