### Возмущенные вариации магнитного поля высоких широт: геоэкологические аспекты

   Одним из важнейших объектов геоэкологии, нового фундаментального направления наук о Земле, является геофизическая среда. В данной публикации основное внимание уделено исследованию характера возмущенной составляющей и детальному анализу структуры короткопериодических колебаний вариаций магнитного поля высоких широт на примере Юго-Восточного Беломорья.
   В публикациях, посвященных исследованию вариаций магнитного поля, в основном анализируются суточные и полусуточные ритмы колебаний, причем как явления-индикаторы строения земной коры, напряженно-деформированного состояния, землетрясений, а не как класс явлений, влияющих на здоровье человека. Данные авторов свидетельствуют о наличии многочисленных высокочастотных периодов в структуре магнитовариационных спектров, игнорирование которых не только обедняет результаты исследований, но и приводит к недоучету их воздействия на окружающую среду, в том числе и на физиологические процессы, протекающие в организме человека.
   Все жизненные процессы в значительной степени определяются солнечной активностью: корпускулярными потоками заряженных частиц, которые, вторгаясь в околоземное пространство, вызывают магнитные бури и вариации магнитного поля различных периодов. Общеизвестно, что материя - это атомы и микрочастицы и это - вечное движение (орбитальное и собственное). Магнитное поле - индикатор движения (или аттрактор?) ведь магнетоном Бора и спин-моментом характеризуются все физические тела. Изучая вариации магнитного поля, мы как бы заполняем “медицинскую карту” экологического состояния материальной среды обитания, в т.ч. и человека.
   Возмущенные вариации в силу своего беспорядочного характера с непрерывно изменяющимися периодами, амплитудами и фазами особенно воздействуют на жизненные процессы окружающей среды. Прогнозируемое аномальное повышение уровня солнечной активности в 25-м цикле наступившего столетия (2024 г.) вызывает естественное беспокойство и определяет актуальность данных исследований с целью выделения из ряда наблюденных вариаций магнитного поля всего объективного спектра возмущенных колебаний, характерных наиболее аномальным временным интервалам исследуемого района.
   Наибольший интерес у авторов при исследованиях спектра колебаний вызвали короткопериодные, регулярные квазисинусоидальные и нерегулярные пульсации. Они подвергались более детальному анализу, учитывая то, что биоритмы человеческого организма частично лежат в том же частотном диапазоне, а следовательно, можно предполагать резонансную реакцию воздействий, когда слабое изменение внешнего поля может обусловить повышенную реакцию человеческого организма (так называемый сильный отклик на слабое воздействие).
   Проведенное изучение индивидуальной магнитной чуствительности у практически здоровых жителей г. Архангельска показало, что наиболее часто (70%) встречается средний уровень магниточувствительности; низкий и высокий значительно реже - 14 и 16% соответственно. Таким образом, даже среди группы практически здорового населения у 16% наблюдается высокая динамика кратковременной перестройки вегетативно-гуморальной и сердечно-сосудистой систем при изменении геомагнитного поля. В связи с вышеизложенным становится очевидным необходимость проведения исследований как структуры короткопериодных колебаний, так и реакции населения на воздействие последних и разработка научных основ климатотерапии и других форм гелиометеотропных реакций.
   В процесс исследования возмущенной части вариаций магнитного поля были включены: диаграммный анализ светового интервала суток по дням в пределах месяца с целью качественной оценки всех присутствующих периодов колебаний; амплитудно-частотный анализ исследуемых временных рядов с целью выделения полного спектра колебаний; спектрально-временной (СВАН) анализ высокочастотного интервала с целью выявления короткопериодических колебаний - в диапазоне до 180 с, совпадающих с периодами собственных колебательных движений внутренних органов человека.
   Изучение вариаций Юго-Восточного Беломорья базировалось на материалах высокоточных магнитных измерений с использованием приборов ММП-203М-1, точностью 0,1 и 1,0 нТл. Использовались замеры через 15, 20, 30 с. Общее количество календарных лет включенных в анализ - 14 (с 1979 по 1990, 1992, 1995, 1999 гг.); полных месяцев - 65; суммарное время наблюдений - 10740 ч. В результате выявлен максимально полный спектр колебаний, характеризующий возмущенные вариации переменного магнитного поля региона. Составлен обобщенный “магнитный портрет” среднестатистического года с амплитудно-частотными характеристиками каждого месяца (см. [таблицу](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/table1.asp)).
   Выявленный образ (spectrum) характеризуется устойчивыми низко-, средне- и высокочастотными колебаниями в зависимости от периода и иррегулярными пульсациями - МБ, СВ, ОСВ, и НВ.
   МБ - магнитные бури продолжительностью от нескольких часов до 2-3 сут., колебания квазисинусоидальные и неправильной формы с затухающей амплитудой, бухтообразные серии импульсов различных по фазе и амплитуде. Максимальные значения амплитуд в подобные дни приходятся на 15-16 ч, приращения которых достигают 100-200 нТл за 30 мин, в отдельные дни до 300 нТл за 10-15 мин. Выявлен прогнозный признак начала магнитных бурь: за 10-12 ч до начала резких возмущений появляются регулярные четырехминутники с амплитудой до 30 нТл; через 2-3 ч к ним присоединяются колебания до 160-200 нТл за 6 мин; далее частота их увеличивается, характер сигнала усложняется и переходит в так называемую “бурю” - кратковременные, наиболее интесивные изменения магнитного поля беспорядочного характера с непрерывно изменяющимися периодами, амплитудами и фазами.
   СВ - средние возмущения, колебания пикообразной формы, одиночные до 200-400 нТл продолжительностью до 60-70 мин и неправильные флуктуации, следующие друг за другом с изменяющими амплитудами до 80 нТл за 20 с.
   ОСВ - относительно спокойные возмущения, колебания пилообразной формы, мелкие от 4 до 30 нТл за 30 с до 13 мин и 20-60 нТл за 30 мин.
   НВ - ночные возмущения, колебания бухтообразной формы и неправильные флуктуации минимумов и максимумов с амплитудой до первых сотен нТл за 3-4 ч, осложненные одиночными импульсами до 20 нТл за 4-8 до 15 мин.
   Колебания с периодом до 10 мин характерны для всего года, исключая самые спокойные месяцы: июль, имеющий стабильно-спокойный характер колебаний ( за шесть лет - ни одного аномального дня) и январь с равномерно-фоновым ритмом флуктуаций, и время белых ночей с характерным понижением регионального уровня на несколько сотен нТл. Относительно спокоен сентябрь (за 6 лет 1-2 аномальных дня); август, как правило, стабильно спокойный. Низкочастотная составляющая вариаций июня имеет наиболее выдержанный ритм, стабильный с 8 до 21 ч с характерным возрастанием уровня на 100 нТл к 15 ч. Аналогичная апрельская гармоника выдерживает спокойный ритм колебаний, как правило, в течение 2/3 мес. В марте характерны резкие возмущения две первые недели и в последние дни месяца; в феврале - волнообразные возмущения через 3,5 сут. Майские дни нестабильны, имеют плавнолинейные формы колебаний, 4-5 дней аномальных, для них характерно ночное резкое повышение общего уровня магнитного поля. В ноябре наблюдается около 10% резковыраженных аномальных дней. Декабрь - слабо аномальный месяц с единичными аномальными днями. Наиболее ярко выраженное аномальное время - октябрь. Ежемесячно наблюдается более 50% ярко выраженные возмущения магнитного поля: низкочастотные составляющие представлены часовыми гармониками с амплитудой до 180 нТл; короткопериодические колебания в основном с периодами до 15-30 мин высокоамплитудные (200-300 нТл) и низкоамплитудные (8-10 нТл); из общей массы октябрьских колебаний выделяется густая сеть высокочастотных пульсаций с периодами до 3 мин и амплитудами до 30 нТл. Именно этот временной интервал (октябрь) в первую очередь стал объектом детального исследования авторов с целью выделения подробного спектра колебаний, в т.ч. и короткопериодных. Анализировался предпоследний год 22-го цикла солнечной активности - октябрь 1995 г. В анализ включены 17 временных рядов, в среднем по 1580 замеров, через 20 с светлого интервала суток - с 8 до 17 ч (период максимальной интенсивности жизненных процессов окружающей среды и человека).
   В результате анализа временных рядов с учетом регионального уровня 53200 нТл и снятого квадратичного тренда ([рис. 1](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig1.gif)) получена качественная оценка всех присутствующих периодов по ритмам с пятиминутной кратностью. Выявлено максимальное присутствие ритмов 40, 20, и 5 (>20%) с периодами 39, 42, 18, 21, 6 мин (здесь и ниже по тексту перечислены в порядке убывания амплитуды); среднее - 45, 70, 10 (<20%) с периодами 45, 69, 72, 12 мин и большой набор единичных проявлений: высокоамплитудные (до 30 нТл) - 30, 75, 80, 190 и низкоамплитудные (до 5 нТл) - 100, 115, 35, 15, 130 мин ([рис. 2](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig2.gif)).
   На СВАН-диаграммах просматривается аналогичная ритмика примерно с теми же доминирующими периодами. Повторно проявились ритмы: 45, 30, 20, 190, 10, 35, 15 с периодами 45, 46, 30, 31, 18, 20, 22, 188, 11, 12, 36, 13, 14, 15, 16 мин и выделены новые: 180, 90, 60, 25 с периодами 180, 90, 91, 92, 60, 61, 26, 23 мин. В то же время видно, что степень прослеживаемости у разных частотных составляющих различна. В области периодов от 180 до 60 мин имеется значительная интерференция между соседними колебаниями ([рис. 3](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig3.gif)); среднечастотные колебания с периодом от 60 до 10 мин неустойчивы и малочислены ([рис. 4](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig4.gif)). Высокочастотная гармоника представлена детальным рядом колебаний, характерных для начала ([рис. 5](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig5.gif), а), середины ([рис. 5](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig5.gif), б) и конца ([рис. 5](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig5.gif), в) месяца. Составляющие с периодом 145 и 170 с присутствуют в начале и конце месяца, а с периодом 198 и 199 с - в середине и конце месяца. Последняя неделя октября ярко обнаружила густую сеть колебаний ([рис. 5](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig5.gif), в), периоды которых (98, 105, 124, 131, 145, 167 с) максимально совпадают с периодами сокращения и расслабления гладкой мышцы внутренних органов человека (до 180 с). Такая плотность составляющих в спектре, безусловно, должна и “обеспечить” максимальную вероятность резонансной реакции воздействий, и отразится на общем состоянии человека. Так, при близости частот сокращения мышцы сердца и магнитных возмущений возникает резонансное возрастание вихревых движений, что фактически может привести к катастрофическому нарушению кровообращения, причем резонансная частота зависит и от состояния стенок кровеносных сосудов и свертывающей способности крови, которая также меняется в период магнитных бурь. На чем основано данное утверждение?
   Жизнедеятельность любого организма сопровождается протеканием внутри него слабых электрических токов - биотоков. Магнитное поле человеческого организма, это сумма двух составляющих: собственного магнитного поля, возбужденного биотоками отдельных органов (сердце, мозг и др.), и наведенного магнитного поля, возбужденного движением токопроводящей жидкости (электролита), каковым является кровь. Наведенные внешним магнитным полем биотоки, в свою очередь, порождают вторичное магнитное поле, характеризующее конкретного субъекта. Воздействие магнитного поля происходит двояким образом: прямым воздействием на кровеносную систему и помеховым индуктивным воздействием на нервную систему (высокая электрическая проводимость крови ; электрическая активность мышечных и нервных клеток). Степень воздействия (помимо соотношения между размерами тела и длиной волны) зависит от ориентации тела относительно падающей геомагнитной волны и места нахождения субъекта, что может во много раз изменить электромагнитное поглощение.
   До последнего времени выделение тектонических нарушений проводилось, в основном, с целью оценки возможных путей вертикальной миграции загрязняющих веществ и возникновения современных движений земной коры в районах крупных инженерных сооружений. Такой подход нашел свое достаточно детальное отражение в ряде инструктивных и методических документов. При этом не учитывается вещественный и энергетический аспекты, присущие тектоническим дислокациям.
   Исследования последних лет показали, что с тектоническими нарушениями связан целый ряд серьезных экологических факторов, возникающих как под действием антропогенной нагрузки, так и имеющих чисто природное происхождение: вертикальная миграция флюидов, глубинная дегазация, нарушение надежных флюидоупоров и т.п.
   Наименее изученными являются “энергетические” свойства тектонических нарушений, являющихся областями разрядки напряжений на больших глубинах в земной коре. Индикаторами разломов в геофизических полях являются, как известно, изменения (иногда значительные) электромагнитного поля и поля силы тяжести. Обычно неотектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения, сопровождающимися вариациями электромагнитного поля вдоль дислокации.
   Иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических дислокаций, которые являются только внешними признаками тех тектонических структур, индикаторами которых они являются. Узлы представлют собой сложно построенные как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины. Причем глубинность структур увеличивается за счет скрытых систем нарушений, многие из которых достигают поверхности фундамента или Мохо. Немалую роль здесь играет такое свойство разломов, как фрактальность. С увеличением числа пересекающихся тектонических зон (как выраженных в верхних частях земной коры, так и скрытых систем нарушений) степень раздробленности, проницаемости и глубинности тектонического узла возрастает. В этом случае возникает вертикальная высокопроницаемая область, которая обеспечивает коро-мантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, т.е. возникает постоянный глубинный стволовый канал повышенного тепломассообмена за счет взаимодействия динамопар глубинных дислокаций, который нередко сопровождается повышенной сейсмичностью. При этом узлы пересечения тектонических нарушений, имея сложную структуру поля проводимости, могут являться источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного поля (своего рода электрические диполи). Вопрос этот особенно актуален для районов Крайнего Севера, т.к. здесь существует ряд факторов, усиливающих этот эффект: близость магнитного полюса Земли (наличие направленного потока заряженных частиц); близость полюса вращения Земли, обусловливающего связь вариаций геомагнитного поля и землетрясений с изменениями скорости вращения Земли (эффект D-волн); повышенная дисперсия вариаций геомагнитного поля; принадлежность окраинно-планетарной зоне, характеризующейся повышенной блоковой делимостью земной коры и наличием вращательного момента блоков при перераспределение межплитных деформаций.
   Учитывая вышеизложенное и положив в основу установленный факт о способности вертикальных геологических структур глубинного заложения, в частности узлов пересечения одноранговых тектонических нарушений, резко усиливать амплитудно-частотные характеристики короткопериодических колебаний в момент магнитных бурь (эффект природного диполя, электромагнитное дипольное излучение), составлена схема размещения геопроводящих зон, формирующих особые условия для развития окружающей среды, в том числе и заболеваний сердечно-сосудистой системы и их обострений (инфаркт миокарда, инсульт, гипертонический криз и т.д.), опасных для людей, подверженных к восприятию подобного рода прессингов ([рис. 6](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig6.gif)). Авторское определение “геопроводящая зона” очевидно требует более подробного объяснения, которое приводится ниже.
   В настоящее время заметно усилилось внимание к проблеме изучения геопатогенных зон (ГПЗ), оказывающих негативное влияние на здоровье и жизнедеятельность людей и животных. Термин этот на настоящий момент не имеет однозначного определения. Обычно под ГПЗ понимаются участки земной поверхности, фиксируемые как на открытой местности, так и внутри зданий и сооружений, длительное пребывание в которых создает биологический дискомфорт и нередко вызывает ухудшение здоровья и даже гибель людей.
   Такое отношение к ГПЗ вполне обосновано. Однако следует расширить это понятие: во-первых, необходимо учитывать воздействие ГПЗ не только на человека или человеческое сообщество, но и на все элементы биосферы и на нее в целом; во-вторых, обратить внимание не только на отрицательное, но и на положительное воздействие таких зон, а такие факты известны. Поэтому целесообразно понимать под ГПЗ часть территории, оказывающей ощутимое влияние на биосферу, в том числе на здоровье и жизнедеятельность человека. В этом случае (отсутствие “универсальности” патогенного воздействия) само название ГПЗ не является достаточно корректным, поэтому некоторые исследователи предлагают подразделять эти зоны на геопатогенные и геовитальные, или геовитагенные. На наш взгляд, такое деление обедняет и резко сужает проблему, т.к. мы имеем дело со сложнопостроенными, самоорганизующимися системами, которым свойственна пространственно-временная изменчивость (особенно в режиме “воздействие-отклик”), т.е. одна и та же структура может нести черты как “патогенности”, так и “витальности”.
   В рамках геэкологии вся совокупность подобных зон по геологической традиции часто именуется аномальными экологическими зонами. В принципе это более точное (по сути), но в то же время и более широкое название, объединяющее явления разные в генетическом отношении. Тем не менее, это название вполне могло бы стать приемлемым, т.к. подобные участки земной поверхности можно рассматривать как некоторые аномалии с последующим более дробным делением. С точки зрения методологии ориентировка на аномалии делает необходимым вычленение объекта из окружающей среды с помощью аналитических процедур. Такой элементаристский подход получил выражение как “идеология изолированной аномалии” (термин В.Н. Страхова). При этом процедура выделения аномалий (явно выраженных искажений поля) должна базироваться на знании законов структуризации анализируемого поля. Поскольку аномалии нет без нормы, необходимо отчетливо представлять, какова эта норма. Однако на детальных уровнях информации частота распространения зон в пространстве и мобильность их изменения во времени делает эти зоны не столь аномальными, а скорее обычными условиями эволюции биосферы и человека.
   Прежде всего необходимо уточнить, что представляют собой ГПЗ в генетическом, морфологическом и морфометрическом отношении и каков механизм их воздействия на биосферу? По генетическому типу их иногда разделяют на три категории: естественные (природные), естественно-техногенные и техногенные. Нам кажется более корректным относить к этим зонам лишь первую категорию, т.к. две последние являются своего рода “новообразованиями” - результатами антропогенной деятельности и развиваются по иным законам (в первую очередь, временным).
   Поэтому нами рассматривалась лишь первая категория, причем в первую очередь лишь те зоны, которые генетически связаны с геодинамической структурой земной коры и ее важнейшими элементами - разломными зонами, под которыми понимаются наиболее мобильные, энергоемкие и самые ослабленные части земной коры. Именно с этими геодинамическими зонами связан основной перенос тепло-, массо- и энергопотоков в недрах Земли.
   Геомеханики и тектонофизики, изучающие характер напряженно-деформируемого состояния земной коры под воздействием тектонических и техногенных нагрузок, пришли к выводу, что сложная блоковая делимость верхней части литосферы - результат распределения диссипированной механической энергии, в связи с чем сами зоны нарушения и их структуры получили название диссипативных, т.е. с энергетических позиций все эти геодинамические зоны являются проводниками энергии из земных недр и поступления ее из космоса. С этих позиций нам представляется более корректным именовать эти структуры геопроводящими зонами, не меняя при этом сложившейся абревиатуры - ГПЗ.
   Геопроводящие зоны выделялись следующим образом: на картографической основе магнитометрии, гравиметрии, геоморфологии (рельеф) и дешифрирования космоснимков (выявление систем линеаментов по двум направлениям) фиксировалось максимальное количество линейных элементов; определялись все узлы пересечений и оцифровывались, исключался интервал 0-1 (до 2), выполнялась отрисовка изолиний. В результате была построена схема узлов пересечений многофакторных линеаментов, в определенной мере отражающая глубину и раздробленность вертикальной геологической толщи.
   Проведенный нами анализ показал, что отмеченные другими исследователями факты, в частности дихотомия древесных форм (каждая пятая или десятая ель имеет от двух до восьми вершин), находят свое отражение в пространственной приуроченности к геопроводящим зонам (см. [рис. 6](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig5.gif)).
   Такое же пространственное совпадение отмечается и для печально известных мест массовой гибели морских звезд в Двинском и Онежском заливах (см. [рис. 6](http://www.geophysic.ru/Vestnik/issue8_2000/images/fig6.gif)) и рыб в Лекшмозере. Эти явления до сих пор не нашли своего убедительного объяснения. Не претендуя на объяснение этого феномена во всей его полноте, т.к. этот вопрос нуждается в дополнительном детальном изучении, можно предположить существование нескольких факторов, спровоцировавших этот процесс: резкое аномальное изменение параметров электромагнитного поля в узлах пересечения разломов; загрязнение донного слоя токсинами и тяжелыми металлами, присущими породам этого региона. Последнее обстоятельство может быть объяснено либо потерей фрикционных свойств пород под действием волны землетрясения, либо сменой состава (ионной миграцией элементов) подземных вод под действием вторичных наведенных токов в узлах разломов.
   Решение этих вопросов имеет огромное значение для экологических исследованний, т.к. позволяет не только решать “классический” вопрос о связи электромагнитных волн с землетрясениями, но и выделять участки биологического дискомфорта и зон коррозионно-электролитической опасности. При исследовании северных территорий России эти явления приобретают особо важное значение для здоровья населения, размещения путе- и нефтепроводов, инженерных сооружений (в т.ч. и городских агломераций), освоения месторождений минерального сырья.

*З.Б. Чистова, Ю.Г. Кутинов, Т.Б. Афанасова
Институт экологических проблем Севера УрО РАН*