



# Кувырок магнитного поля

Доктор  
физико-математических наук,  
профессор  
**М. Г. Савин**



РАЗМЫШЛЕНИЯ

## Штрихкод магнитной летописи

Кто из нас в юности не сожалел, что наши мысли и сиюминутные деяния проходят без следа? И кто не мечтал о магических скрижалях, подобных библейским каменным доскам, данным Богом Моисею на горе Синай, которые смогут навечно сохранить память о нас?

Поглядим вокруг и спросим себя: окружающие горные породы — не в них ли история Земли записана на зернах ферромагнитных материалов, сохраняющих намагниченность в течение миллионов лет, начиная с того момента, когда горная порода перестала быть огненной лавой? Ведь магнитное поле — единственное известное в физике поле, обладающее памятью: в тот момент, когда порода остыла ниже точки Кюри — температуры обретения магнитного порядка, она намагнитилась под действием поля Земли и навсегда запечатлела его конфигурацию на тот момент. А только ли горные породы способны сохранять память о магнитных эманациях (истечениях), сопровождающих любое событие как в жизни планеты, так и в биографии отдельного существа?

Извлечение этой богатейшей и разнообразнейшей информации — благодарная задача для будущих исследователей. Современные же палеомагнитологи, да не затаят коллеги на меня обиды, как правило, ограничиваются изучением эволюции величины и направления остаточной намагниченности. Однако даже подобный элементарный, по существу, подход позволяет сделать очень важный для земной цивилизации вывод о последствиях ожидаемой инверсии геомагнитного поля. Исследования палеомагнитологов, в частности в Институте физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, позволили проследить историю изменений поля Земли за 3,5 млрд. лет и построить своеобразный штрихкод, календарь инверсий. Из него видно, что они происходят достаточно регулярно, по 3—8 раз за миллион лет, однако последняя случилась на Земле аж 780 тыс. лет назад, и такая глубокая задержка со следующим событием весьма настораживает.

«Опять пугают, — вздохнет читатель. — Конец света, удар кометы, ядерная зима, терроризм, экстремизм, а теперь еще и инверсия!» Почему-то вспомнилась Анна Ахматова: «Конец света уже наступил, только этого никто не заметил». Но как не заметить скоротечной инверсии магнитного поля Земли? Подсолнечная сторона маг-

*На протяжении своей истории Земля много раз меняла положение магнитных полюсов.*

*На картинке слева представлен фрагмент гигантского «штрихкода», где чередование серых и черных полос соответствует смене полюсов.*

*Цифры слева — это миллионы лет*

нитосферы, которую сдерживают канаты силовых линий магнитного поля, замороженного в протонно-электронную околоземную плазму, утратит свою былую упругость, и на Землю рванет поток смертоносной солнечной и галактической радиации. Уж этого-то никак нельзя будет не заметить.

## Об источнике геомагнитного поля

Редкое сочинение по геомагнетизму обходится без упоминания о трактате Вильяма Гильберта, придворного врача английской королевы Елизаветы I, «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», увидевшем свет в 1600 году. В нем показано, что магнитное поле у Земли такое же, как у магнитного диполя, то есть наша планета представляет собой как бы большую магнитную стрелку. Предваряя напутствием последнюю книгу своего знаменитого трактата, Гильберт писал: «Теперь нам следует раскрыть причины и удивительные, хотя и замеченные раньше, но необъясненные действия всего этого».

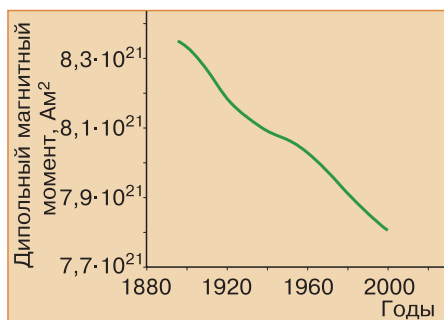
Спустя 400 лет слова Гильберта по-прежнему не потеряли своей актуальности. Загадка геомагнетизма до сих пор не раскрыта и остается одной из важнейших нерешенных фундаментальных проблем геофизики.

Неправильным было бы полагать, что четыре столетия геомагнитологи спали мирным сном. С XVII по XX век было проведено огромное количество наблюдений за магнитным полем Земли, в результате чего выявлены основные закономерности его поведения. Нельзя не отметить огромный вклад таких знаменитых ученых, как Халли Галлей, Александр фон Гумбольдт, Жозеф Гей-Люссак, Джеймс Максвелл, Карл Гаусс.

Особо значимо создание теории электромагнетизма Максвеллом в 70-х годах XIX века. Из его уравнений следует, что магнитное поле порождается электрическим током. Далее, отсюда вытекает эквивалентность замкнутых элементарных токов и магнитных диполей, момент которых называется также магнитным моментом тока. Складываясь, эти величины образуют, например, магнитное поле цилиндрического магнита, которое приближенно совпадает с полем соленоида той же длины и того же сечения. Тем читателям, которые помнят школьный учебник физики А.В.Перышкина, я просто напоминаю прописные истины. За племя молодое отвечать не берусь.

Теперь, переходя к «большому магниту», дело на первый взгляд представляется за малым: найти внутри планеты токовые системы подходящей конфигурации и силы, создающие на поверхности Земли поле, структуру которого мы хорошо изучили.

Если двигаться внутрь Земли, то, пройдя кору (0—15 км под океанами и 0—50 км под континентами), верхнюю мантию (глубиной до 640 км) и нижнюю мантию (640—2885 км), мы попадем в огромное жидкое ядро (2885—4590 км), существование которого было установлено в середине XX века Гарольдом Джеффрисом из Кембриджского университета. Именно жидкое состояние значитель-



**1**  
*Напряженность магнитного поля Земли за время наблюдений падает с возрастающей скоростью*

ной части ядра дает объяснение механизма генерации геомагнитного поля. Суть его в том, что постоянное магнитное поле Земли определяется электрическими токами, возникающими при движении проводящей жидкости в ядре. Альтернативы этой теории пока еще не придумали.

Если пойти дальше и попытаться понять суть процессов генерации геомагнитного поля Земли, то самое время привлечь для этой цели механизм динамо. В грубых чертах будем считать, что создание магнитного поля во внешнем жидком ядре Земли происходит так же, как и в динамо-машине с самовозбуждением, где катушка проводов вращается во внешнем магнитном поле. Тогда за счет электромагнитной индукции в катушке возникает электрический ток и создает свое магнитное поле. Оно усиливает внешнее магнитное поле, а ток в катушке тоже увеличивается.

Конечно, жидкое ядро планеты — это не динамо-машина. Но если в жидком проводнике возникает тепловая конвекция, то появляется некая система течений электропроводящей жидкости, что аналогично движению проводника. Не будет грубым насилием над природой предположение о наличии некоторых затравочных магнитных полей в ядре. Значит, когда жидкий проводник при своем относительном движении (а оно связано с тем, что ядро вращается не с той же скоростью, что и кора) пересекает силовые линии этих полей, то в нем возникает электрический ток, создающий магнитное поле, которое усиливает внешнее затравочное поле, а это, в свою очередь, усиливает электрический ток и так далее, подобно песне про попа и его собаку, неосторожно съевшую кусок мяса. Процесс будет продолжаться вплоть до установления стационарного магнитного поля, когда различные динамические процессы уравновесят друг друга.

Изложенные идеи источника геомагнитного поля носят название гидромагнитного динамо (ГД) и были впервые высказаны в 1919 году Джозефом Лармором в Англии для объяснения солнечного магнетизма. В середине 40-х годов Я.И.Френкель в СССР и Вальтер Эльзассер в США предположили, что тепловая конвекция в ядре — именно та причина, которая приводит в действие ГД ядра Земли.

Однако теория ГД (правильнее сказать, все же гипотеза, поскольку экспериментальных доказательств пока что никому получить не удалось) не столь гибка, чтобы объяснить все многообразие наблюдаемых фактов, связанных с геомагнетизмом. Здесь не место приводить ухищрения и натяжки, с помощью которых специалисты пытаются совместить несовместимое. Порой представляется более убедительной простейшая сказочная гипотеза: в глубине планеты сидит черт с рогами и крутит огромный линейный магнит, вызывая аномалии геомагнитного поля.

## Признаки надвигающейся инверсии

Поскольку теория тащится в обозе, обратимся к фактам. А факты говорят о том, что на протяжении истории Земли геомагнитное поле неоднократно меняло свою полярность. Существовали периоды, когда инверсии происхо-

дили по несколько раз за миллион лет, и случались периоды длительного затишья, когда десятки миллионов лет магнитное поле сохраняло свою полярность

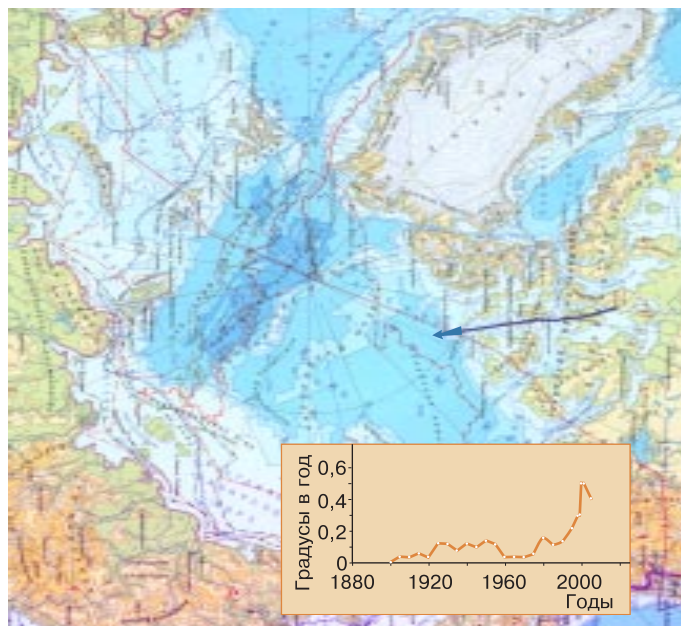
По результатам исследований лаборатории главного геомагнитного поля и петромагнетизма Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, частота инверсий в юрский период и в среднем кембрии составляла одну инверсию за 200—250 тыс. лет. Однако последняя инверсия имела место на планете 780 тыс. лет назад. Отсюда можно сделать осторожный вывод о том, что в ближайшее время должна произойти очередная инверсия. К такому выводу подталкивают несколько соображений. Данные палеомагнетизма свидетельствуют, что время, за которое магнитные полюса Земли в процессе инверсии меняются местами, не очень велико. Нижняя оценка — сто лет, верхняя — восемь тысяч лет. Обязательным признаком начала инверсии служит уменьшение напряженности геомагнитного поля, которая снижается в десятки раз по сравнению с нормой. Более того, его напряженность может упасть до нуля, и это состояние способно продержаться довольно долго, десятки лет, если не больше. Другой признак инверсии — изменение конфигурации геомагнитного поля, которое становится резко отличным от дипольного. Имеются ли сейчас эти признаки? Похоже, что да.

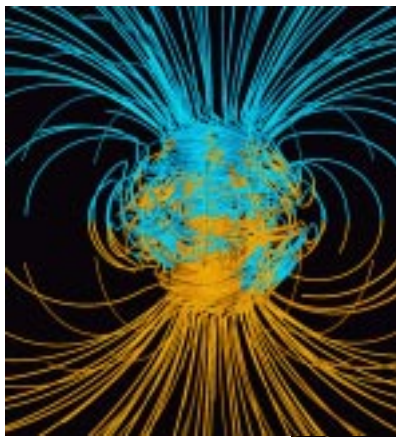
О поведении магнитного поля Земли в относительно недавнее время помогают судить данные археомагнитных исследований. Их предмет — остаточная намагниченность черепков древних керамических сосудов: частицы магнетита в обожженной глине фиксируют магнитное поле на момент охлаждения керамики. Эти данные свидетельствуют: последние 2,5 тыс. лет напряженность геомагнитного поля убывает. В то же время и наблюдения геомагнитного поля на мировой сети обсерваторий указывают на ускорение падения его напряженности в последние десятилетия (рис. 1).

Еще один интересный факт — изменение скорости перемещения магнитного полюса Земли. Его движение отражает процессы во внешнем ядре планеты и в околоземном космическом пространстве. Однако если магнитные бури в магнитосфере и ионосфере Земли обуславливают лишь относительно небольшие скачки в положении полюса, то глубинные факторы ответственны за медленное, но постоянное его смещение.

Как видно на рис. 2, Северный магнитный полюс с момента его открытия Д.Россом в 1931 году полвека сме-

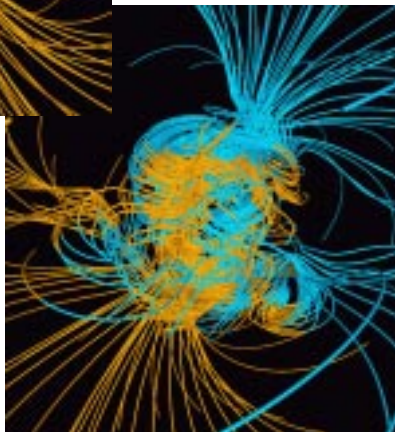
**2**  
*Дрейф Северногомагнитного полюса Земли за период с 1931 года*





*Исходное состояние*

3  
Изменение конфигурации магнитного поля планеты в период инверсии (по данным Г.Глатцмайера и П.Робертса)



*Начало инверсии: начинают появляться зоны обратного направленного магнитного поля*

шался со скоростью 10 км в год в северо-западном направлении. Однако в 80-х годах скорость смещения увеличилась в несколько раз, достигнув к началу XXI века абсолютного максимума — около 40 км/год: к середине текущего века он может покинуть Канаду и оказаться у берегов Сибири. Резкое увеличение скорости перемещения магнитного полюса отражает перестройку системы токовых течений во внешнем ядре, создающих, как полагают, геомагнитное поле.

### Самый сильный аргумент

Как известно, чтобы доказать научное положение, нужны тысячи фактов, а чтобы опровергнуть, достаточно и одного. Изложенные выше аргументы в пользу инверсии лишь наталкивали на мысль о возможности грядущего светопреставления.

Наиболее весомое указание на то, что инверсия уже началась, — результаты недавних наблюдений со спутников «Эрстед» и «Магсат» Европейского космического агентства. Их интерпретация, которую провел Готье Ило из парижского Института физики Земли, показала, что магнитные силовые линии на внешнем ядре Земли в районе Южной Атлантики расположены в направлении, обратном тому, какое должно быть при нормальном состоянии поля. Но самое интересное, что аномалии силовых линий очень похожи на данные компьютерного моделирования процесса геомагнитной инверсии, выполненного калифорнийскими учеными Гарри Глатцмайером и Полом Робертсом, которые создали наиболее популярную сегодня модель земного магнетизма (рис. 3).

Итак, вот четыре факта, которые указывают на приближающуюся или уже начавшуюся инверсию геомагнитного поля:

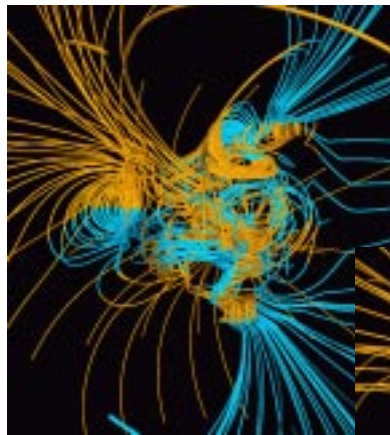
1. Уменьшение на протяжении последних 2,5 тыс. лет напряженности геомагнитного поля;
2. Ускорение падения напряженности поля в последние десятилетия;
3. Резкое ускорение смещения магнитного полюса;
4. Особенности распределения магнитных силовых линий, которое становится похожим на картину, соответствующую стадии подготовки инверсии.



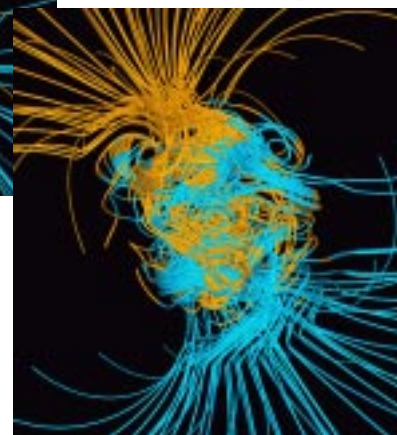
## РАЗМЫШЛЕНИЯ

### Катастрофические последствия инверсии

О возможных последствиях смены геомагнитных полюсов идет широкая дискуссия. Есть разнообразные точки зрения — от вполне оптимистичных до крайне тревож-



*Преобразование диполя в мультиполь: помимо воронок в районе полюсов образуются воронки в районе экватора; по ним заряженные частицы от Солнца легко достигают атмосферы, вызывая полярные сияния в тропиках*



*Обратное состояние поля после инверсии*

ных. Оптимисты ссылаются на тот факт, что в геологической истории Земли произошли сотни инверсий, однако не удалось установить связь массовых вымираний и природных катастроф с этими событиями. Кроме того, биосфера обладает значительными способностями к адаптации, а процесс инверсии может длиться довольно долго, так что времени, чтобы подготовиться к переменам, более чем достаточно.

Противоположная точка зрения не исключает того, что инверсия может произойти при жизни ближайших поколений и окажется катастрофой для человеческой цивилизации. В частности, несколько лет назад канадский научно-популярный журнал «Discovery magazine» составил список из двадцати наибольших опасностей, где инверсия значится под шестым номером.

Надо сказать, что эта точка зрения в значительной степени скомпрометирована большим числом ненаучных и просто антинаучных высказываний. В качестве примера можно привести мнение, согласно которому во время инверсии человеческие мозги испытывают перезагрузку, подобно тому как это происходит с компьютерами, при этом произойдет полное стирание содержащейся в них информации. Несмотря на такие достаточно анекдотические высказывания, отважусь заметить, что оптимистическая точка зрения весьма поверхностна. Современный мир — далеко не тот, что был сотни тысяч лет на-



## Магнитное

# поле – это мы?

**Ч**то есть наше тело и сама наша жизнь, как не полно магнитного поля, непрерывно ткущееся Его Величеством Временем? Эрудированный читатель, знакомый с основами электродинамики, не преминет заметить, что автор потерял электрическое поле, и будет совершенно прав. Каждую клеточку нашего тела с бесчисленными химическими реакциями можно представить как ту или иную форму организации электромагнитного поля. В самом деле, можно убрать все вещество, и физическое состояние нашего организма прекрасно опишется в терминах, меняющихся во времени электрического и магнитного векторов. Это как бы двухголосие, одновременное звучание мужской и женской партии.

В гелиобиологии, например, подобный дуэт проявляется как мощное импульсное возмущение электромагнитного поля Земли. Здесь мужская партия — вызванная солнечным ветром биологически активные вариации электрического поля в магнитосфере. Ей отвечает женская партия — колебания геомагнитного поля, которые в отличие от магнитного поля служат лишь показателем солнечной активности. Получается самая настоящая музыка небесных сфер; неповторимую мелодию жизни создают взаимные переливы мужских и женских голосов. Порожденные мощными солнечными вспышками импульсы возмущения электромагнитного поля Земли влияют на всех жителей планеты, от них невозможно укрыться даже под многометровой толщей воды. А диктор в такие дни сообщает, что, по данным ИЗМИРАН, ожидается неспокойная геомагнитная обстановка и, стало быть, метеочувствительным людям стоит повнимательнее следить за своим здоровьем. Однако причины зависимости нашего организма от колебаний весьма слабого поля Земли никто пока не объяснил, есть лишь гипотезы.

Магия магнитного поля, его неясное притяжение, колдовская сила остаются в числе давних загадок природы, сродни загадке души. Так и подмывает сказать, что в эманациях магнитного поля проявляется духовная сущность человека. Невольно вспоминается толкование неоплатониками происхождения мира и души мистическим истечением творческой энергии божества из Единого,

зад: человек породил множество проблем, которые сделали этот мир хрупким, легко ранимым и крайне неустойчивым. Есть основания полагать, что последствия инверсии действительно будут поистине катастрофичны для мировой цивилизации. И полная потеря работоспособности Всемирной паутины из-за разрушения систем радиосвязи (а оно обязательно наступит в момент утраты радиационных поясов) — лишь один из примеров глобальной катастрофы. По сути дела, при грядущей инверсии геомагнитного поля мы должны пережить переход в новое пространство. Изучением возможных рисков, связанных с инверсией, активно занимаются в лаборатории ИФЗ во главе с кандидатом физико-математических наук В.Э.Павловым.

Интересный аспект воздействия геомагнитной инверсии на нашу планету, связанный с изменением конфигурации магнитосферы, рассматривает в своих недавних работах профессор В.П.Щербаков из Геофизической обсерватории Борок. В обычном состоянии благодаря тому, что ось геомагнитного диполя ориентирована приблизительно вдоль оси вращения Земли, магнитосфера служит эффективным экраном для высокоэнергетических потоков заряженных частиц движущихся от Солнца. При инверсии вполне вероятно ситуация, когда во фронтальной подсолнечной части магнитосферы в области низких широт образуется воронка, через которую солнечная плазма сможет достигать поверхности Земли. Из-за вращения Земли в каждом конкретном месте низких и отчасти умеренных широт такая ситуация будет повторяться ежесуточно по несколько часов. То есть значительная часть поверхности планеты каждые 24 часа будет испытывать сильный радиационный удар.

Есть основания полагать, что значительное падение напряженности магнитного поля и изменение его конфигурации могут иметь существенные, вплоть до катастрофических, последствия для климата. В этой связи, однако, надо определиться с тем, что мы понимаем под климатическими катастрофами. Известный советский геолог Д.В.Навликин отмечал: то, что в масштабах одной человеческой жизни служит катастрофой — бури, смерчи, ураганы, для природы, в масштабах сотен и тысяч лет, — вполне заурядное явление. С одной стороны, увеличение уровня космической радиации на несколько десятков процентов вследствие исчезновения поля (а именно такую оценку дает В.П.Щербаков) может и не принести человечеству каких-либо катастрофических последствий. С другой же, вряд ли очередной умирающий раковый больной будет утешаться тем, что его отдельная личная трагедия в масштабах всей планеты не создаст мировую катастрофу.

Таким образом, имеются достаточно веские основания, чтобы внимательно отнестись к ожидаемой вскоре (и уже набирающей обороты) инверсии и постараться разобраться, какие опасности она может нести человечеству и каждому отдельному его представителю, — а в перспективе и выработать систему защиты, уменьшающую их негативные последствия. Насчет систем защиты, правда, говорить рано, хотя бы потому, что мы не знаем достоверно даже происхождение геомагнитного поля. А вот более пристальное наблюдение за его изменением организовать вполне возможно. По мнению академика В.Н.Страхова, для этого нужно построить сеть наблюдательных станций. Затраты довольно велики: несколько миллиардов рублей, но зато мы сможем точно отслеживать этот процесс и выбрать модель, а также время кардинального изменения геомагнитного поля.





и реально измеряемые магнитные поля — не есть ли они материальный носитель этой таинственной энергии?

Многие считают, что первое впечатление о человеке, определяющее дальнейшее отношение к нему, может сложиться еще до того момента, когда вы разглядите его лицо, фигуру, услышите его голос, почувствуете запах, пожмите его руку. Не связан ли древнейший механизм подобного узнавания со структурой нашего магнитного поля?

В самом деле, кроме одежды мы круглосуточно носим свою неповторимую магнитную ауру (иначе — биомагнитную оболочку). Ее параметры физики хорошо научились измерять при помощи высокочувствительных СКВИДов — сверхпроводниковых квантовых магнитометров, детища академика Ю.В.Гуляева. Кто знает, не взаимодействие ли этих полей дает направление тем мирно спящим до часа «Х» инстинктам, от которых зависит наша симпатия к имярек или же отсутствие ее?

Действие геомагнитных полей может проявляться как в малом (для ансамблей частиц), так и в большом (для живых организмов). Но проявляется оно по-разному: детерминированно для первых и индетерминированно для вторых. В случае с молекулами действуют принципы спиновой химии — реакция между радикалами с одним и тем же спином невозможна (см. «Химию и жизнь», 2005, № 3). Магнитное поле, даже маленькое, в этой ситуации способно играть роль переключателя канала реакций, воздействуя на ориентацию спина. С большими системами все сложнее, поскольку их жизнь зависит от множества подобных реакций. С одной стороны, это хорошо: если какая-то реакция в отсутствие магнитного поля пойдет не так, дру-

гие смогут выправить результат. А с другой стороны, у слишком сложной системы вполне может быть хрупкое звено, которое и должно сломаться в соответствии с законом Мерфи, не так ли? Все-таки древнейший человек разумный, питекантроп, он же Homo erectus, появился как раз 500—700 тысяч лет назад, то есть разум никаких инверсий не переживал.

Для того чтобы разобраться с влиянием магнитного поля на живые существа, нужно провести опыты при разной его мощности. Однако, строго говоря, найти такое место, где не было бы магнитного поля, очень трудно. Даже покидая пределы Земли, от него не убежать: на околоземной орбите внутри поясов ван Аллена (а только там и летают живые существа), есть поля Земли и Солнца, а за их пределами, где побывало всего несколько землян, летавших к Луне, да и то недолго, — межпланетное магнитное поле.

Опытов по влиянию магнитных полей, напряженность которых сильно понижена по сравнению с земным уровнем (гипомагнитные поля), на живые организмы проводилось великое множество. Отечественные исследователи (например, профессор Ю.А.Холодов) утверждают, что такое поле обладает активным биологическим действием, что сказывается, в частности, при эмбриональном развитии, когда адаптационные возможности организма слабы. К примеру, одни подопытные мыши, вырастая без поля, лысели, другие достигали больших размеров, третьи никак не реагировали. Однако сведения о пороговых биологически значимых магнитных полях, так же как о зависимости биоэффектов от длительности воздействия полей, нащупать весьма затруднительно. Робин Бэкер из Манчестерского университета утверждает, что вредного влияния на человека сильных магнитных полей, напряженность которых в тысячи раз превосходит естественное магнитное поле Земли, до сих пор не обнаружено. По наблюдениям Бейшера (1971), пребывание людей в течение двух недель в гипомагнитных полях, создаваемых системой катушек Гельмгольца, не выявило каких-либо физиологических или психологических эффектов. Если же говорить о магнитных бурях, во время которых магнитное поле Земли изменяется не более чем на 5% от

его величины в средних широтах, то здесь ситуация иная: корреляция инфарктов миокарда и прочих неблагоприятных явлений в биосфере с уровнем магнитной активности была впервые отмечена профессором А.Л.Чижевским еще в 30-х годах прошлого века (см. книгу «Земное эхо солнечных бурь». М: Мир, 1964). Впрочем, заядлые спорщики продолжают твердить об отсутствии какой-либо корреляции, мужественно стараясь не замечать ухудшения собственного самочувствия в магнитоактивные дни. Если же попытаться дать самую общую оценку опытов по влиянию магнитных полей на живые организмы, включая человека, то оказывается, что даже самые чистые эксперименты крайне редко выявляют тенденции к повторяемости и воспроизводимости результатов. А это краеугольные камни науки. Эманации магнитного поля их как бы подтачивают, выдвигая на первый план индивидуальные качества живого, его изначально неповторимость.

Поэтому не исключено, что корни индивидуализма современника, свободного от стадных инстинктов, питаются неповторимыми эманациями его собственных магнитных полей. Утешая себя иллюзией, что знакомство с современными представлениями о геомагнитном поле и его эволюции поможет возбудить интерес к познанию более тонких эффектов и подвигнет читателя к овладению свежими идеями.

Это может пригодиться, ведь все опасности инверсии практически ничто по сравнению с возможной деформацией индивидуальных черт каждой отдельно взятой личности, формируемых собственным магнитным полем человека в присутствии нормального геомагнитного поля. В самом деле, «нуль-пункт» геомагнитного поля во время его инверсии длится достаточно долго. Именно в это время нарушается сложившийся на протяжении многих поколений неповторимый узор магнитных полей, определяющий наше собственное «я». Вряд ли кто-нибудь, опираясь на воспроизводимые результаты экспериментов, способен ответить на вопрос: к каким психологическим и социальным сдвигам подобное длительное нарушение приведет?

**М.Г.Савин**