

**БИОТРОПНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ:
СЦЕНАРИИ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ
МАСШТАБИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ**

М.В. Рагульская

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН

e-mail: ramary2000@yahoo.com

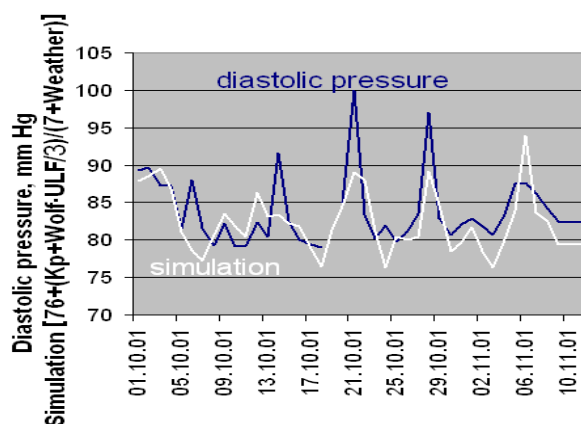
Введение. Последние 100 лет влияние космогеофизических факторов достоверно и воспроизводимо фиксируется многочисленными учеными на всех уровнях организации биосферы. Экзогенные вариации просматриваются практически во всех медико-биологических мониторингах, причем часто – в качестве побочного эффекта, мешающего основным исследованиям. Например – в динамике различных параметров формулы крови, в гормональном и психологическом статусе, в восприимчивости к наркозу, в числе вызовов скорой помощи и количестве летальных исходов, и даже (по уверению авторов «в погонах» - в динамике числа тяжких преступлений). Так в 1990-2000 гг. Ю.И. Гурфинкелем в около - буревые дни выявлено увеличение свертываемости крови и более тяжелое протекание инфарктов, П.Е. Григорьевым – модуляции работоспособности и настроения, М.В. Рагульской и О.В.Хабаровой – активация творческой активности и приспособительной адаптации здоровых людей. Н. К. Белишева с соавт. (1993, 2003) в своих исследованиях показали, что геомагнитные возмущения существенным образом моделируют рост и дифференцировку клеточных структур. В работах 2007-2008 гг Д.Н. Чичкан, А.В. Беседина и А.В. Ковалевой обнаружено резкое увеличение числа лейкоцитов за счет нейтрофилов в день бури и резкое их снижение на 2-3 день после бури. В работах Н.И. Хорсевой выявлено выраженное влияние космогеофизических факторов на внутриутробное развитие плода и вероятность наследственных патологий. Более подробно обзор литературы по данному вопросу приведен в главах 2 (Петрова П.Г с соавт.) и 4 (Рогачева С.М. с соавт.) из коллективной монографии [1]. Наиболее социально заметными такие явления становятся при техногенных катастрофах, в которых в качестве одной из основных версий может быть выдвинута версия человеческого фактора (например, аварии самолета в Львове во время авиашоу или падение самолета польского президента). Понятно, что для принятия обоснованных управленческих решений в области социального страхования и развития здравоохранения, обеспечения безопасности полетов, построения прогнозов обострения социально-значимых заболеваний и т.п. оказалось необходимым знание механизмов (или сценариев) воздействия космогеофизических вариаций на различные уровни организации биосферы. И если для биологов и медиков такое явление является неоспоримым фактом, то физики до сих пор спорят «а был ли мальчик?». Основным камнем преткновения является «невыделяемость» единственного биотропного физического агента влияния, а также крайне низкая интенсивность всех факторов космической погоды. В настоящее время есть несколько сценариев биотропного воздействия космической погоды.

Сценарий 1. Классический, основывающийся на «гелиоцентричности» и «линейности» основной научной парадигмы. Предполагается, что после вспышек на Солнце, вызывающих целый комплекс изменений во всех оболочках Земли, какой-то из космогеофизических факторов (скорее всего – вариации, пульсации и т.д. и т.п. геомагнитного поля) доходят до биологического объекта. И триггерно переключают режим его функционирования с обычного уровня на стрессовый (на всех уровнях организации, от клеточного до системного и популяционного). Линейный отклик системы хорошо регистрируется на пространственных масштабах популяции и временных масштабах от месяца и более, или на клеточном уровне. Подробно сложности реализации этого сценария рассмотрены В.Н. Обридко в главе 8 коллективной монографии «Биотропное воздействие космической погоды» [1]. Автор доклада не может удержаться, чтобы не привести следующую цитату из этой главы: «Начнем с того, что механизмы воздействия солнечной активности и других космических факторов на сегодня неизвестны. Как говорится в анекдоте, на этом можно было бы и закончить главу и сэкономить много времени и места. Читатели,

радостно вздохнув, встають и идут пить пиво в буфете. Единственное, что оправдывает написание этой главы - это то соображение, что хотя мы и не знаем механизмов, но мы уже знаем, где их искать бессмысленно». Что же происходит в реальных данных на средних пространственно-временных масштабах? Например, при попытке найти прямую корреляцию изменения индивидуального артериального давления, измеренного раз в сутки, с вариациями геомагнитного поля, имеющих характерные времена тоже порядка 1-3 суток? Такие эксперименты ставились многократно, многочисленными исследователями, и в разные периоды солнечной активности. Результат был один и тот же – коэффициент линейной корреляции составляет от - 0,1 до 0,3. Фактически это означает ОТСУТСТВИЕ эффекта. Каким образом можно воспринимать этот факт? Поскольку кажется странным одновременное наличие эффекта в области крупных и мелких масштабах единой биосферы, и его отсутствие – в средних, можно предположить, что выбран неправильный метод отбора медицинских критериев, способа регистрации данных или их математического анализа. И попытаться последовательно поменять парадигму всех этих этапов исследования. Это научный метод познания мира.

Есть более легкий способ применения классического сценария, который правда, с трудом можно назвать научным. А именно – подтасовка экспериментальных рядов данных так, чтобы непокорные кривые физиологических параметров и параметров внешней среды наконец-то продемонстрировали линейную корреляцию. Тех читателей, которые сочтут этот способ за проявление чувства юмора автора данного доклада, отсылаем к <http://heliobiology.livejournal.com> и журналу «Экология человека» №2 за 2010 год, стр. 3-11. Но это уже из другой области задач по поддержке принятия решений.

Модернизация сценария 1. Итак, если вернуться к научному способу познания, на сегодняшний момент понятно, что классический сценарий требует серьезной модификации



или модернизации. В первую очередь подвергается сомнению возможность выделения единственного биотропного фактора внешней среды. Возникает резонный вопрос: **существует ли выраженный действующий фактор (радиоизлучение Солнца, плотность солнечного ветра, геомагнитные пульсации, солнечные и космические лучи) и т.д. или на организм человека действует совокупность факторов космической и обычной погоды?** Результаты последних длительных разноширотных мониторинговых экспериментов склоняются ко

второму варианту.

Одна из самых удачных попыток создания синтетического индекса S космической и обычной погоды сделана О. В. Хабаровой в [2], где S сконструировано как:

$$S = [(2 + 100 * \text{Temperature})(1 + 10 * \text{Wind speed})(10 * \text{Cloudiness} + \text{Humidity})] / \text{Visibility} * \text{Pressure}^2$$

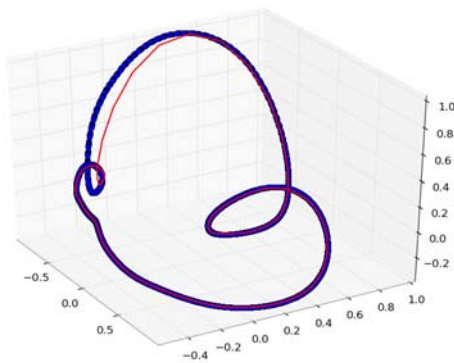
Новый синтетический индекс «обобщенной жесткости погоды» позволяет существенно линеаризовать задачу и довести коэффициенты корреляции физиологических и космогеофизических параметров до 0,7 вместо обычных 0,2-0,4. На Рисунке 1 приведен график зависимости для среднего по группе диастолического артериального давления (г. София, октябрь – ноябрь 2001 г.) и нового обобщенного индекса.

Сценарий 2. Прогностические возможности опережающей адаптации биосистем (аналогично прогнозам компьютерных нейронных сетей и т.п.).

Автор данного доклада посвятил 13 лет изучению технологий адаптации живых систем различного уровня организации биосферы к космогеофизическим факторам на базе длительных разноширотных мониторингов (общая база измерений более 500 000). И чем больше накапливалось данных, тем яснее становилась несостоятельность классического

сценария. Во-первых, выяснилось, что в процессе адаптации **в среднем диапазоне характерных времен и размеров биосистемы ведут себя, как существенно нелинейные открытые динамические системы.** С присущими этим системам свойствами порогового отклика и эффектов насыщения, смены упорядоченного и квазихаотического управления, наличия амплитудно-частотных окон реагирования и т.д. Также экспериментально была выявлена **несостоятельность триггерного сценария** реагирования организма человека на космогеофизические факторы. Для объяснения полученных результатов была предложена новая теоретическая модель нелинейной динамики сердца и показано, что индивидуальная адаптационная технология организма под воздействием слабых внешних факторов состоит не в триггерном перескоке из состояния в состояние, как считалось до сих пор, а в плавном увеличении вероятностной доли адаптационно предпочтительного состояния (при одновременной реализации совокупности нескольких разрешенных динамических режимов). Подробнее результаты рассмотрены в [3-4].

Казалось бы, стройная картина мира построена и вопрос исчерпан. Однако, после консультаций с д.ф.-м.н. Н.Г. Макаренко, нами была рассмотрена возможность опережающей эволюционной адаптации биосистем под многократно повторяющееся эталонное внешнее воздействие (каковым на протяжении миллиардов лет являются вариации



космогеофизических факторов). Для отработки такой возможности В.В. Пипиным по имеющимся реальным кардиограммам проекта «Гелиомед» была построена нейронная сеть, описывающая поведение кардиосигнала в фазовом пространстве. Нейронная сеть строилась для решения задачи автоматического поиска особых точек фазовой траектории, положение которых определяет поведение системы под внешним воздействием. Реконструкция, сделанная нейросетью, практически совпала с экспериментально зафиксированным фазовым кардиопортретом (см. Рисунок 3. Красная кривая – поведение реальной кардиограммы в фазовом пространстве, синие точки – прогноз нейросети). Понятно, что отработанные в процессе эволюции прогностические возможности биосистем превышают элементарные возможности нашей нейросети, поэтому в качестве одного из возможных сценариев адаптации биосистем на средних пространственно-временных масштабах можно предложить **сценарий опережающей подстройки.**

Сценарий 3. Не - гелиоцентрический. Итак, мы уже отвергли гипотезу о единственности внешнего биотропного агента, гипотезы о линейности и триггерности отклика биосистем, а также поставили под сомнение гипотезу запаздывающего отклика биосистем на космогеофизические факторы. Что остается? Гелиоцентричность основной парадигмы. Как уже было сказано, классический сценарий биотропного воздействия космической погоды исходит из неравноправности Солнца и Земли. Априори считается, что Солнце является единственным источником внешних возмущений, которые распространяются в межпланетном пространстве и, доходя до Земли, вызывают изменения во всех ее оболочках, от литосферы до биосферы. Вопрос: насколько заметно изменятся экспериментальные данные по динамике Солнца и солнечно-земным связям в предположении, что наблюдаемая солнечная активность модулируется внешним галактическим воздействием ровно в той же степени, что и Земля? Т.е. что существует первичный, единый, низко энергетичный галактический фактор, который одновременно действует и на Солнце, и на оболочки Земли, позволяя биосфере с опережением подстроится под приход к Земле более мощных вторичных вариаций факторов космической погоды. Данная мысль не противоречит физическим законам, но является непривычной именно для традиционного мировоззренческого восприятия Солнца, как центра мира. На данный момент известно, например, «поджатие» гелиосферы в направлении падения галактического излучения, однако практически не рассматривается влияние этого

эффекта на солнечную динамику и солнечно-земные связи. Сама идея также не является оригинальной выдумкой автора, например, она активно рассматривалась в 1992 г. в коллективной монографии «Живые системы под внешним воздействием» (под редакцией Н.В. Красногорской). К сожалению, теоретическое рассмотрение устойчивости динамики Солнца при гипотетическом внешнем воздействии для задач солнечного динамо не проводились.

Сценарий 4, «машина времени». Рассмотрение сценариев биотропного воздействия космической погоды невозможно без ответов на вопрос о формировании эволюционных и адаптационных сценариев функционирования древних биосистем. При оценке воздействия излучения раннего Солнца и других космофизических факторов на процессы формирования жизни на Земле и эволюционную адаптацию древних биосистем принято придерживаться «принципа актуализма» (стремление в исторических реконструкциях отталкиваться от современных аналогов). Т.е. в теоретические модели изначально закладываются условия на древней Земле, сильно отличные от современных, при этом условия солнечной активности и потока излучения по умолчанию считаются схожими с наблюдаемыми в настоящее время.

Однако последние исследования ИЗМИРАН в рамках Программы № 15 «Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем» показывают существенные отличия солнечной динамики в эпоху формирования жизни и ее раннего развития около 4- 4,5 млрд. лет назад. В работах 2009-2010 гг М.М. Кацовой и М. А. Лифшица [5] показано, что свойства дифференциального вращения Солнца более близки к звездам с менее регулярной активностью (типичной для более молодых звезд), чем к звездам с установившимися циклами. Т.е. в молодом Солнце наблюдались более активные нестационарные процессы, чем считалось до сих пор. Применительно к биофизическим задачам это означает, что даже в спокойном состоянии **Солнце эпохи формирования жизни на Земле в области вакуумного ультрафиолета (короче 304 А) излучало примерно на порядок больше, чем современное Солнце в максимум солнечной активности.** Полученные новые данные об активности древнего Солнца позволяют автору высказать несколько гипотез относительно эволюционных процессов адаптации древних биосистем:

1. Время возникновения жизни. Как известно, ультрафиолетовое излучение и частицы релятивистских энергий являются фактором активных мутаций. С другой стороны, превышение их интенсивности выше определенного уровня губительно для биосистем. Скорее всего, что **сам интервал возникновения жизни в 4,2 – 4,5 млрд. лет назад, не раньше и не позже, определился именно моментом достижения баланса скорости реакций возникновения и разрушения новых органических структур под воздействием космофизических излучений различного типа.** До этого времени даже при наличии благоприятных температурных, атмосферных и литосферных условий вновь сформировавшаяся (или занесенная с метеоритами) жизнь практически сразу разрушалась очередным импульсным потоком внешнего излучения, не успев начать процесс эволюции. Возможно, установление такого баланса явилось следствием перехода Солнца к более упорядоченному типу активности.

2. Возникновение структур белка.

Возникновение вторичных и более высоких по порядку сложности структур белков может быть обусловлено защитной реакцией древних пробиотиков к интенсивному ионизирующему внешнему излучению, на порядок превышающему те значения, которые принято сегодня рассматривать в литературе. Свертывание линейных форм в сложную структуру позволяет приблизить друг к другу атомы, составляющие белок, тем самым увеличить общий эффективный потенциал и сечение рассеяния для повышения устойчивости структуры к разрушающему внешнему воздействию.

3. Возникновение системообразующих эволюционных функций космогеофизических факторов и их атавистичность в настоящее время. Итак, мы рассмотрели вопросы о возможных сценариях управления биосистем с помощью космогеофизических факторов. Однако вопрос об их амплитудной биотропной недостаточности остался открытым. Исходя из предыдущих гипотез, можно предположить,

что наблюдаемые в настоящее время эффекты адаптации биосистем к космогеофизическим воздействиям по сути своей являются атавизмами тех древних времен, когда излучение Солнца было существенно больше и являлось реальным разрушающим фактором для только что сформировавшейся жизни на Земле. Энергии современных солнечно-земных и космических процессов для такого воздействия недостаточно, тем не менее реакция однозначно и воспроизводимо регистрируется многочисленными исследователями на всех уровнях организации биосферы (на клеточном уровне – работы Е.Н. Громозовой, П.Е. Григорьева, Н.К. Белишевой; на уровне отдельных органов – Ю.П. Горго, В.В. Вишневого, С.Н. Рогачевой; на уровне организма человека и популяции – Б.М. Владимирского, М.В. Рагульской, О.В. Хабаровой, С.Н. Самсонова, М.Н. Трубиной, С.Дмитровой) [1]. Гипотеза об эволюционном атавистическом характере адаптационной реакции биосистем на космогеофизические воздействия могла бы внести ясность в давний спор биологов и физиков по поводу поиска, характера и интенсивности действующего биотропного физического агента в солнечно-земных связях. Предположим, что резкие вариации какого-то из факторов космической погоды, например – интенсивность космических лучей, в эпоху древних экосистем был действительно опасен для формирующихся белковых цепей. В качестве защитной реакции возник эффект переструктурирования пространственной конструкции белка в виде более сложных скрученных объемных структур. Однако даже негативное воздействие живые системы ухитрились поставить на службу формирующейся жизни. Одновременно с негативным воздействием, по мере усложнения биообъектов внешние космофизические воздействия стали выполнять и системообразующие функции. Например, выступать «сигналами точного времени» для синхронизации эндогенных и экзогенных ритмов организма, являться синхронизатором общих ритмов популяции, создавать условия для генерации новой информации в процессе эволюционной адаптации биосистем в целом. Т.е. для уменьшения расходов собственной энергии биосистемы стали использовать вариации параметров космической погоды в качестве естественных регуляторов адаптационного и эволюционного процесса. И даже когда со временем интенсивность внешнего излучения упала до неопасных для существования жизни значений, регуляторная и информационная роль комической погоды оказалось столь полезна, что сохранилась до наших дней на всех уровнях биосистем.

Таким образом, движение от физики к биологии, т.е. рассмотрение эволюционных процессов с учетом новых данных об активности древнего Солнца, увеличивает на несколько порядков интервал интенсивности внешнего излучения, необходимого для возникновения эволюционного переструктурирования древних пробиотиков на клеточном уровне. И позволяет осуществлять моделирование процессов адаптации современных сложных биосистем (от клеток до социума) в рамках существующих физических представлений. С другой стороны, движение от биологии к физике, изучение характерных времен и интенсивностей процессов переструктурирования современных клеточных структур под внешним воздействием, может выступить в качестве «машины времени» и позволит дать более точные оценки активности древнего Солнца и процессов формирования солнечно-земных связей на ранней Земле.

Литература

1. Коллективная монография «Биотропное воздействие космической погоды», Санкт-Петербург, 2010, 330 с.
2. Khabarova O., Dimitrova S. On the nature of people's reaction to space weather and meteorological weather changes. *Sun and Geosphere*, 4(2), pp.60-71, 2009.
3. Пипин В.В., Рагульская М.В. Управляющая роль шумов в обеспечении устойчивости функционирования сердечно-сосудистой системы человека // Системы поддержки принятия решений. - Киев, 2008. - С.201-205.
4. М.В. Рагульская, В.В. Пипин. Нелинейные динамические модели ЭКГ в задаче изучения воздействия космофизических факторов на сердце человека // Динамика сложных систем. – 2010. - №1, том 1. - С. 17-26.
5. Кацова М.М., Лившиц М.А. Возможный эволюционный статус солнечной активности. Всероссийская конференция по физике Солнца 2009, Пулково. - С.231-240.