

УДК 612.5.014

Jan Szczurko, *PhD*,

## ТЕОРИЯ, ОТКРЫВАЮЩАЯ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

### По поводу статьи В. Н. Запорожана, А. И. Пономаренко «Механизмы влияния слабого магнитного поля на экспрессию генома: основы физической эпигенетики»

*Military University of Technology, Warsaw, Poland*

#### Актуальность проблемы

Современные достижения магнитобиологии показывают безусловное значение магнитных полей, электромагнитных волн в регуляции функциональной активности живых организмов. Многие из этих факторов с успехом используются сегодня в медицинской практике. В этих случаях речь идет, прежде всего, о воздействии достаточно высокой интенсивности, в то время как действие низкоинтенсивных магнитных полей остается мало исследованным. К числу таких воздействий могут быть отнесены «магнитные бури», вызываемые вспышками на солнечной поверхности, колебания геомагнитного поля и многие другие.

Вместе с тем, в работах А. Л. Чижевского, а также других исследований показана связь между колебаниями солнечной активности и эпидемиями чумы, холеры, дифтерии, гриппа и прочих инфекций. В основе подобных закономерностей, по-

видимому, могут находиться как изменения иммунологической реактивности человека, так и некие первичные механизмы, способствующие распространению/повышению вирулентности возбудителей соответствующих заболеваний. Если первый аспект проблемы достаточно разработан — исследованы особенности реакций организма волонтеров при вспышках на солнце, а также в условиях «экранирования» солнечной активности во время солнечных затмений, то вторая часть — активное взаимодействие микроорганизмов и внешних слабых магнитных полей остается без ответа.

#### Предпосылки формулирования теории взаимодействия геомагнитного поля и деятельности биообъектов путем изменений экспрессии генов

Уже на протяжении более чем тридцати лет школой, возглавляемой академиком В. Н. Запорожаном, успешно разрабатываются вопросы действия

на организм человека электромагнитного излучения низкой интенсивности, а также постоянных и низкочастотных магнитных полей [1–17]. Так, начиная с конца восьмидесятих годов прошлого века, впервые в мировой практике проводились систематические исследования, направленные на выяснение характера эффектов электромагнитного излучения низкой интенсивности крайне высокочастотного (гигагерцового, КВЧ) диапазона. В процессе исследований отрабатывались вопросы оптимизации выявленных лечебных влияний подобного излучения, выполнялась оптимизация режимов и курсов их проведения, а также изучались механизмы развития наблюдаемых эффектов.

Результатом работ в данном направлении явилась стандартизация КВЧ-излучения для применения в клинической практике, формирование принципиально нового подхода в понимании механизма осуществления нетеплового эффекта низкоинтенсивных излучений мил-

лиметрового диапазона на организм человека. Данный аспект, а именно, информационное действие электромагнитного излучения, заслуживает особого внимания, поскольку в последующем произошла его теоретическая и экспериментальная интеграция с биоинформационными процессами, среди которых информационная роль, которую играет генетический код, занимает наиболее важное положение.

Авторами в предварительных исследованиях продемонстрирована роль электрического потенциала вирусных частиц в развитии иммунного ответа и репликации вирусов. На основании этих результатов были осуществлены инновационные разработки по повышению иммуногенности антигена путем модификации электрического заряда антигенных частиц. При этом было показано, что физические свойства циркулирующих вирусов и специфических противовирусных антител могут служить фактором прогноза эпидемической ситуации.

Несмотря на значительное число предпосылок, обозначивших необходимость и актуальность создания единой теории действия слабого электромагнитного поля на живой организм, авторам предстояло ответить на ряд вопросов. Среди прочих принципиально важным было выяснение того, насколько универсальными являются наблюдаемые эффекты влияния электромагнитного излучения (ЭМИ) низкой интенсивности. Проведенные экспериментальные и клинические исследования показали, что благоприятные по своему характеру влияния возникают на уровне регуляторных механизмов иммунной реактивности организма, контроля регенеративных, пролиферативных процессов, синтеза и высвобождения макромолекулярных соединений, а также впервые была показана возможность контроля патологически усиленного

биоэлектрогенеза в структурах мозга. Учитывая подобную универсальность, правильным было предположить, что в ее основе могут находиться некие общие закономерности, а именно: информационное влияние ЭМИ через механизмы регуляции деятельности генетического аппарата клетки.

Однако высокий консерватизм, эволюционно закрепленная защищенность ДНК от всякого рода внешних воздействий позволяли усомниться в отношении того, что именно носитель генетического кода способен воспринимать действие внешних полей. Кроме того, хорошо известно «одностороннее движение» в цепочке ДНК-РНК-белок, и всякое обратное направление развития информационного потока рассматривалось на уровне артефакта, которое, в конечном итоге, влечет за собой повреждение всей системы. Поэтому авторы в построении теории руководствовались конструктивными представлениями о существовании эпигенетических факторов, обуславливающих чувствительность живых структур к подобного рода факторам.

#### **Некоторые представления о механизмах биотропного действия факторов электромагнитной среды**

До последнего времени в поиске точки приложения геомагнитного поля, ЭМИ низкой интенсивности возможно было рассматривать несколько основных механизмов. Традиционно для этих целей привлекают три основные концепции, в частности, электромагнитную индукцию, систему, включающую магнетит, и химическую магниторецепцию.

Если речь идет о таком факторе, как постоянное электромагнитное поле (геомагнитное поле), объектом его действия могут быть движущиеся в клетке электрические заряды. Причем результатом подобного влияния может быть, прежде всего, из-

менение траектории движения заряженных частиц. В этом отношении следует ожидать, в первую очередь, значительного усложнения функция ионных каналов — движение ионов происходит не по прямой и поэтому возрастает сила трения иона о стенку канала. Учитывая первостепенное значение ионных каналов в контроле возбудимости нейронов, мышечной и железистой ткани, указанные структуры в первую очередь изменяют свою функцию в условиях действия внешних магнитных полей. Кроме того, вместе с изменением траектории движения ионов меняется и характер внутриклеточного перемещения по микроканальцам и микротубулам электролитов эндоплазматического ретикулума. Поэтому результатом относительно непродолжительной экспозиции (несколько часов) головного мозга экспериментального животного к действию бытового магнита индуктивностью 30–50 мТл являются отек и дегенерация нейронов. Можно полагать, таким образом, что механизмы индукции весьма существенны в спектре действия слабых магнитных полей на биообъекты.

Следует также заметить, что проблемы индуктивных изменений клеточной активности усложняются в связи с тем, что сами движущиеся (по новым траекториям) ионы являются источником локальных электромагнитных полей, которые могут выступать в качестве самостоятельного системообразующего фактора. Подобные локальные клеточные поля рассматриваются как факторы регуляции механизмов роста и развития многоклеточных организмов (начиная с зиготы), факторов, обеспечивающих дифференцировку стволовых клеток в ситуации, когда эти клетки помещены в «деформированное» в связи с заболеванием электромагнитное окружение.

Вторая гипотеза — гипотеза магнетита как механизма маг-

нитовосприимчивости состоит в том, что кристаллы магнитных минералов магнетита ( $Fe_3O_4$ ) обеспечивают физическую основу для магнитовосприятия. Подобные соединения обнаруживаются во многих живых организмах, начиная с бактерий, в связи с чем некоторые из них демонстрируют способность перемещаться вдоль силовых линий магнитного поля.

Наконец, наиболее точной предпосылкой формулирования теории авторами был поиск ответа на вопрос: существуют ли магниточувствительные химические реакции? Да, известно, что некоторые химические реакции с участием свободных радикалов могут быть существенно модулированы под влиянием магнитного поля. Но реакции, которые лучше всего поняты, требуют полей гораздо более сильных, чем поле Земли. Активные области «спиновой химии» сейчас включают в себя исследования по выяснению того, могут ли поля геомагнитной силы давать такой же эффект, и если да, то каким образом. Как раз ответ на данный вопрос и представляет собой ключевой момент нового научного подхода, созданного авторами теории.

Речь идет об анализе и роли белков семейства криптохромов в формировании магниточувствительности.

### **Криптохромы**

Участвуя в регуляции светозависимых процессов онтогенеза у растений, криптохромы также, по-видимому, осуществляют контроль над проявлением циркадных ритмов у высших эукариот. Светосборщиком (акцептором фотонов синей части спектра) выступает соединение фолиевой кислоты, обладающее коферментной активностью 5, 10-метенилтетрагидрофолиевая кислота (5,10-метенил-ТГФК), после чего энергия передается на молекулу флавина, выполняющего в активном центре роль редокс-агента. Крип-

тохромы относятся к классу ДНК-фототиаз, ферментов, катализирующих фоторепарацию поврежденной ультрафиолетом ДНК.

При осуществлении магниторецепторной функции криптохромы работают «в паре» со свободными радикалами, образующимися в процессе жизнедеятельности клетки, создавая на основе этого взаимодействия возможность детекции магнитных полей слабой индукции. Очевидно, что двойственная роль свободных радикалов, как и в процессах фагоцитоза, апоптоза, в конечном счете старения организма, также включает дополнительную функцию магниточувствительности. Интересно, что обладающие цитостатическим действием антитаболиты фолатов (метотрексат и др.) широко применяют в терапии онкозаболеваний.

Криптохромы у перелетных птиц сосредоточены в клетках сетчатки, которые демонстрируют высокий уровень нейронной активности, когда птицы ориентируются в магнитном поле. Кроме того, эти клетки сетчатки связаны с областью переднего мозга, известной как кластер N, и разрушение кластера N нарушает магнитную ориентацию без ущерба для других типов навигационного поведения.

Важно заметить, что указанная способность криптохромов поглощать фотоны именно синей части спектра является весьма примечательна с точки зрения контроля навигации, поскольку данные лучи имеют высокую степень рассеивания и роль их на высоте полета птицы должна возрастать. Эти белки могут выполнять, по-видимому, функцию «детекторов высоты» наряду с функцией «детекторов направления», реализуемой за счет светозависимой магниточувствительности. Существенно важно, что криптохромы обнаружены практически во всех живых существах, включая растительный мир, бакте-

рии, а также вирусы, что ставит под сомнение исключительную их роль в навигации птиц. Или же, напротив, показывает универсальное значение навигации как таковой для многих живых существ.

### **Магниточувствительность и хроноритмы биообъектов**

Опыты на мушках дрозофилах показывают, что в условиях активации криптохромов применением освещения в голубой части спектра постоянное магнитное поле способно замедлить ход «внутренних часов» мушек. Причем эффект был дозозависимым, т. е. определялся величиной индукции и временем экспозиции внешнего магнитного поля, что проявлялось только в условиях дополнительного освещения. Генетические дефекты выработки криптохромов лишали мушек возможности реагировать на подобного рода воздействия.

Приведенные результаты подтолкнули авторов теории к мысли о возможном прямом регулирующем геном влиянии магниторецепторов — криптохромов на деятельность генома, регулируя его активность прежде всего на уровне генов, задействованных в контроле хроноритмов. Действительно, последующее рассмотрение экспрессии белков протеинового комплекса, играющего роль фактора транскрипции для многих генов иммунного ответа, — NF- $\kappa$ B. Причем данные белки, как оказалось, имеют существенное значение не только в формировании циклических изменений иммунологической реактивности, но и принимают деятельное участие в регуляции синтеза мРНК вируса гриппа. Именно экспрессия данного регуляторного белка подвержена колебаниям в связи с изменениями геомагнитного поля, реализующегося через систему белков семейства криптохромов.

Данный момент является ключевым в разработанной авторами теории и логично уя-

зывает между собой все необходимые элементы в их тесном функциональном взаимодействии. Причем фундаментальный характер функциональных блоков теории — хроноритмы, эпигеномная регуляция, фото-зависимая магниточувствительность биообъектов разного уровня организации — свидетельствует об общебиологическом характере разрабатываемых научных представлений.

Новым, ранее неучитываемым фактором внешней среды, который существенно важен для реализации воздействий магнитных полей в процессах распространения вирусных заболеваний (авторы рассматривают пример гриппозной инфекции) можно считать действие световых волн, специфически поглощаемых криптохромами на длине волны синей части спектра. В этих условиях под влиянием указанной части спектра светового излучения происходит повышение магниточувствительности организма. Подобное взаимодействие напоминает принцип работы магнитно-резонансного томографа: на фоне действия постоянного магнитного поля возникает специфическое поглощение/излучение электромагнитной энергии на уровне отдельных ядер химических элементов. То есть, для того, чтобы образец «ответил» на внешнее воздействие, в данном случае — специфически абсорбировал квант электромагнитной энергии, его необходимо поместить в постоянное поле достаточно высокой индукции. Не правда ли — то же самое, что делают криптохромы, но, что называется, с точностью до наоборот? Данная аналогия была проведена авторами уже после описания самого открытого ими феномена и на физическом уровне явлений доказывает справедливость приводимых авторами теоретических построений.

Следует заметить, что подобная аналогия показывает весьма значимые перспективы

комбинированного применения КВЧ и постоянных магнитных полей, что, по-видимому, позволит получить высокоточные регуляторные эффекты в отношении активности генома.

### **Перспективы применения разработанной теории**

Результатом работы фактически является открытие биофизической эпидемиологии, или «магнитоэпидемиологии», как новой дисциплины, раздела, который изучает соответствующие взаимодействия факторов окружающей среды, действие которых приводит к возникновению и распространению эпидемий инфекционных заболеваний. Кроме того, данное направление в более широком смысле нацелено на пересмотр существующих представлений в системе «биологический объект — электромагнитная среда».

В контексте созданного направления речь может идти о высокоселективных регуляторных эффектах колебаний параметров магнитного поля в условиях применения дополнительного освещения источниками синего света. Прделанная авторами работа открывает принципиально новые возможности в области контроля клеточного электромагнитного поля, в частности, поля стволовых клеток с расширением сферы применения данной технологии. Кроме того, первичные воздействия могут выступать в качестве самостоятельных методов лечения многих заболеваний.

С открытием механизмов эпигеномного геомагнитного контроля работы генома возникает перспектива программирования организма на этапе его эмбрионального развития в виде своеобразного «ознакомления» с определенными видами слабых магнитных полей. Данный подход напоминает в некоторой мере феномен иммунологической толерантности Медавара — Бернетта и может, как показывают результаты предварительных исследований, обес-

печить как повышенную чувствительность, так и устойчивость организма к действию факторов электромагнитной природы в постнатальном периоде. В частности, в ближайшее время речь может идти о создании высокочувствительных животных к детекции предвестников землетрясений, представляющих собой колебания электромагнитного поля импульсной природы, программировании организма на высокую степень иммунологической резистентности и др.

Таким образом, сегодня мы имеем возможность по-новому взглянуть на роль организма с точки зрения его «физического» устройства. Не секрет, что физическая модель организма человека является более полной, чем «химическая» модель, созданная в прошлом веке и доминирующая до сих пор. Благодаря разработанному авторами подходу следует ожидать освоения современной медицинской квантового уровня реализации ее возможностей.

Доказательная база статьи и теории в целом построена весьма убедительно, а то, что речь идет именно о слабых воздействиях электромагнитных волн, магнитных полей следует из большого числа проведенных ранее исследований, в основе которых лежит использование излучения КВЧ-диапазона. Сегодня уже известно, что именно данный диапазон является «информационным», соответствует частоте реликтового излучения Вселенной, специфически абсорбируемого оксидом азота, от активированной молекулы которой, по-видимому, возникла жизнь.

Не секрет, что сегодня происходит спонтанное ослабление геомагнитного поля, и значение исследований действия слабых магнитных полей на организм человека, таким образом, увеличивается. Поэтому актуальность положений созданной авторами теории сегодня, несомненно, возрастает, а сама

предлагаемая система научных взглядов, хочется верить, будет иметь удачную судьбу и приведет в ближайшее время к ряду открытий, имеющих существенно важный как общебиологический, так и практический характер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Запорожан В. Н.* ВЛОК коррекция нарушений центральной и периферической гемодинамики у беременных с ОПГ-гестозом // В. М. Запорожан, С. В. Хаскина, Н. Н. Низова // *Нові технології у навчальному процесі, теоретичній та клінічній медицині.* – О. : Чорномор'я, 1989. – С. 82–84.

2. *Запорожан В. М.* Комбінована з електромагнітним випромінюванням корекція основних регуляторних систем організму при доброякісних пухлинах яєчників / В. М. Запорожан, В. В. Беспоясна, Р. В. Соболев // *Педіатрія, акушерство та гінекологія.* – 1997. – № 1. – С. 78–82.

3. *Запорожан В. М.* Комплексне кріохірургічне посвідчення з КВЧ-впливом лікування гіперпластичних процесів матки / В. М. Запорожан, В. В. Беспоясна // *ПАГ.* – 1994. – № 1. – С. 60–61.

4. *Запорожан В. Н.* Влияние КВЧ-воздействия на состояние иммунной системы / В. Н. Запорожан, О. В. Хаит, Т. Б. Реброва // *Вопросы использования электромагнитных излучений малой мощности крайне высоких частот (миллиметровые волны) в медицине.* – Ижевск : Удмуртия, 1991. – С. 181–206.

5. *Запорожан В. Н.* Влияние физико-химических факторов *in vitro* на гормонодепонирующую способность эритроцитов человека / В. Н. Запорожан, А. И. Гоженко, С. И. Долматов // *Проблемы эндокринологии.* – М., 2001. – Т. 47, № 5. – С. 41–43.

6. *Запорожан В. Н.* Влияние электромагнитного излучения в мм диапазоне на показатели клеточного иммунитета после радикальной операции у больных раком тела матки / В. Н. Запорожан, С. А. Гешелин, О. В. Хаит // *Миллиметровые волны в медицине: сб. статей.* – М., 1991. – Т. 1. – С. 105–109.

7. *Запорожан В. Н.* Вопросы использования электромагнитных излучений малой мощности крайне высоких частот (мм волн) в медицине / В. Н. Запорожан, П. Я. Гапонюк, М. Б. Голант // *Вопросы использования электромагнитных излучений малой мощности крайне высоких частот (миллиметровые волны) в медицине.* – Ижевск: Удмуртия, 1991. – С. 44–47.

8. *Запорожан В. Н.* Магнитотерапия в акушерстве и гинекологии / В. Н. Запорожан, В. К. Чайка, В. В. Грищенко // *Нетрадиционные методы лечения в акушерстве и гинекологии.* – К. : Здоров'я, 1996. – С. 35–44.

9. *Запорожан В. Н.* Применение КВЧ-терапии у больных гинекологического профиля / В. Н. Запорожан, В. В. Беспоясна, В. В. Бубнов // *Миллиметровые волны в биологии и медицине.* – М., 1993. – № 2. – С. 79.

10. *Влияние* электромагнитного поля низкой интенсивности на генераторы возбуждения в коре головного мозга / В. Н. Запорожан, Л. С. Годлевский, В. Н. Низов, Т. Б. Реброва // *Миллиметровые волны в медицине.* – М., 1991, – Т. 1. – С. 257–264.

11. *Ponomarenko A. I.* The practical value of the influenza antibodies electrokinetic potential determination / A. I. Ponomarenko, G. S. Skripchenko // *Abstracts of the 13th European Immunology Meeting 22–25 June 1997, Amsterdam, The Netherlands. Immunology letters.* – 1997. – Vol. 56, N 1/3. – P. 305.

12. *Zaporozhan V. N.* Application of short-wave therapy in complex treatment for endometrial cancer / V. N. Zaporozhan, O. V. Khait, V. V. Bespoyasnaya // *European J. of Gynaecological Oncology.* – 1993. – N 14 (4). – P. 296–301.

13. *Zaporozhan V. N.* Short-wave therapy application in the complex treatment of benign and malignant uterine tumors / V. N. Zaporozhan, O. V. Khait, T. B. Rebrova // *Microwaves in medicine'91: International scientific meeting: digest of papers.* – Belgrad, 1991. – P. 101–102.

14. *Zaporozhan V. N.* Evidences of regulatory and signalling role of electromagnetic fields in biological objects (review of literature and own studies) / V. N. Zaporozhan, A. I. Ponomarenko // *Proceedings of the 4-th WSEAS Conference BIO-08, Canary Islands, 2008, 5 pages.* – <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/tenerife/CD-BC/paper/BC07.pdf>.

15. *Zaporozhan V.* Mechanisms of Geomagnetic Field Influence on Gene Expression Using Influenza as a Model System: Basics of Physical Epidemiology / V. Zaporozhan, A. Ponomarenko // *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2010. – Vol. 7, N 3. – P. 938–965.

16. *Zaporozhan V. N.* The influence of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency upon experimental focal epileptic syndrome / V. N. Zaporozhan, L. S. Godlevsky, S. L. Tsevelev // *China J. Modern Medicine.* – 2012. – Vol. 21, N 27. – P. 3331–3334.

17. *Zaporozhan V.* Field Nature of Life / V. Zaporozhan, A. Ponomarenko // *Conference Paper.* April, 2012 DOI: 10.13140/2.1.2143.0566 Conference: The First International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research, At Nis, Serbia, April 25–27th, 2012.

Поступила 18.10.2016

Рецензент д-р мед. наук,  
проф. Л. С. Годлевский

УДК 612.5.014

Jan Szczurko

#### ТЕОРИЯ, ОТКРЫВАЮЩАЯ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Рассмотрены основные механизмы взаимодействия слабых магнитных полей и биообъектов с учетом выдвинутого в последнее время положения о ведущей роли криптохром-зависимых влияний магнитного поля на генетический аппарат клетки. Критически проанализирована возможность регуляторных влияний слабых магнитных полей, электромагнитного излучения низкой интенсивности на хроноритмы организмов разного уровня организации, осуществляемые на уровне регуляции активности отдельных генов. Приведены основные приоритетные положения авторов теории, составляющее фактический базис развиваемого инновационного фундаментального направления — физической эпидемиологии.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле, электромагнитные волны слабой интенсивности, криптохромы, геном, хроноритмы, эпидемиология.

UDC 612.5.014

Jan Szczurko

#### THEORY WHICH DISCOVERS NEW POSSIBILITIES

Main mechanisms of interaction between weak magnetic fields and biological objects are considered in the article. This interaction is analyzed on the basis of the role of cryptochrome-dependent mechanisms of the influence of magnetic field upon cell's genome, which have been discovered last time. The principal possibility on the genes-dependent regulatory influences of both weak magnetic fields and electromagnetic irradiation of low intensity upon chronorhythms of organisms with different level of organization have been critically investigated. The main priority statements which are postulated by authors of the theory, and which are based on research data are attracted for the discussion. Hence, physical epidemiology as a new fundamental and innovative direction of science development is stressed.

**Key words:** geomagnetic field, electromagnetic waves of low intensity, cryptochromes, genomes, chronorhythms, epidemiology.