
К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО

TO THE 120th ANNIVERSARY OF A.L. CHIZHEVSKY'S BIRTH

А.В. Гульельми*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
Москва, Россия, guglielmi@mail.ru***В.Ф. Рубан***Страховой документальный фонд, Филиал архива РАН,
Ярославская обл., пос. Борок, Россия, rubanvf@mail.ru***A.V. Guglielmi***Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS,
Moscow, Russia, guglielmi@mail.ru***V.F. Ruban***Insurance Documentary Fund, Branch of the Archive of the RAS,
Borok, Yaroslavl oblast, Russia, rubanvf@mail.ru*

Аннотация. Александр Леонидович Чижевский (1897–1964) является основоположником гелиобиологии. Данная статья относится к жанру научного эссе и посвящена памяти Чижевского. Мы кратко обсуждаем один необычный аспект гелиобиологии. Он тесно связан с вопросом о том, не являются ли живые организмы макроскопическими квантовыми объектами. Научно обоснованного ответа на него еще нет, но, ориентируясь на косвенные признаки, многие естествоиспытатели склоняются к положительному ответу. Мы описываем проект биофизического эксперимента с применением оригинального устройства для возбуждения поля векторного потенциала в надежде на то, что в будущем эксперименты такого рода позволят внести некоторую ясность в данный вопрос.

Ключевые слова: солнечно-земные связи, геомагнитное поле, живой организм, биофизика, магнитобиология, макроскопические квантовые явления, поле векторного потенциала.

Abstract. Alexander Leonidovich Chizhevsky (1897–1964) is the founder of heliobiology. This paper is presented as a scientific essay and is dedicated to the memory of Chizhevsky. We briefly discuss an unusual aspect of heliobiology. It is closely related to the question whether living organisms are macroscopic quantum objects. There is no scientifically grounded answer to the question, but many scientists are inclined to give a positive answer based on indirect evidence. The project of biophysical experiment using an original device for excitation of the field of vector potential is described in the hope that in future such types of experiments will make it possible to clarify the question.

Keywords: solar-terrestrial relations, geomagnetic field, living organism, biophysics, magnetobiology, macroscopic quantum phenomena, vector potential field.

Донаучное представление о небесных телах как первопричине ряда явлений в животном и растительном мире, в судьбах людей и в жизни людских сообществ зародилось в глубокой древности. В той или иной форме оно прослеживается на протяжении всей истории и предыстории человечества. В современную эпоху это представление нашло свое выражение в виде гелиобиологии — научного направления, которое изучает влияние солнечной активности на живые организмы. Основателем гелиобиологии как специального раздела биофизики по праву считается наш соотечественник Александр Леонидович Чижевский (1897–1964), правнук легендарного адмирала Нахимова. Известен рассказ о том, как, будучи еще совсем молодым человеком, Чижевский заметил положительную корреляцию между активностью Солнца и активностью боевых действий на фронтах Первой мировой войны. Об этом и о других достижениях Чижевского можно прочесть в жизнеописаниях ученого и его научных трудах (см. например, [Чижевский, 1973]).

Данная статья относится к жанру научного эссе. Она посвящена 120-летию со дня рождения Чижевского. Чтобы почтить память выдающегося ученого, мы выбрали для обсуждения один необычный ас-

пект гелиобиологии. Он тесно связан с вопросом о том, не являются ли живые организмы макроскопическими квантовыми объектами.

Мы должны напомнить, что гелиобиология пересекается с другим разделом биофизики, а именно, с магнитобиологией, истоки которой также теряются в глубокой древности. Следует отметить, что не следует искать какое-то отношение того, о чем мы говорим, к животному магнетизму Месмера. Дело в том, что особое значение гелиобиологи придают воздействию вариаций геомагнитного поля на живой организм [Владимирский, 2009]. Имеются в виду, прежде всего, ультранизкочастотные (УНЧ) электромагнитные волны, заполняющие околоземное космическое пространство, а также геомагнитные бури. (Об УНЧ-волнах см. [Troitskaya, Guglielmi, 1967; Гульельми, 1985; Guglielmi, Pokhotelov, 1996; Гульельми, 2007].)

Чижевскому досталась нелегкая судьба. В 30-е годы прошлого века он несправедливо подвергся резкой критике. В преследовании ученого приняли участие биолог Завадовский, физик Иоффе, юрист Вышинский и многие другие. В официальных постановлениях его называли буквально так: невежда,

не знающий основ физики и биологии, недобросовестный эпигон и позорный плагиатор, наделенный возмутительными и вредными чертами, и, наконец, враг народа под маской ученого. Его теорию называли бессмысленной и вредоносной. В конце концов Чижевский был репрессирован и долгие годы провел в лагерях и ссылках. Он был реабилитирован лишь в 1962 г., за два года до смерти.

Враждебное и совершенно абсурдное отношение властей к Чижевскому было навеяно господствовавшей тогда политической идеологией, т. е. не имело никакого отношения к науке. Оно затормозило развитие гелиобиологии на десятилетия. Тем не менее, идеи Чижевского оказались жизнеспособными, хотя неблагоприятные условия становления не остались без последствий. Гелиобиология и сейчас еще переживает во многом противоречивый этап развития.

В нашу задачу не входят обзор и анализ современной литературы. Однако стоит подчеркнуть, что статьи по магнитобиологии и гелиобиологии свободно публикуются. Например, на страницах весьма престижного журнала «Успехи физических наук» были опубликованы работы [Птицына и др., 1998; Бинги, Савин, 2003; Гроссберг, 2003]. Более того, в последние годы намечились конкретные пути поиска физических механизмов воздействия магнитных полей на живые организмы [Бучаченко, 2014]. И все же гелиобиология по-прежнему остается областью чисто эмпирических знаний. Во многом это связано с общей проблемой научного определения жизни как природного явления.

Допустим, мы приготовили в достаточном количестве 60 с небольшим химических элементов, представленных в таблице Менделеева. Казалось бы, что нам мешает тем или иным способом соорудить живой организм? Пожалуй, только одно: мы толком не знаем, что такое живой организм. Он радикально отличается от любого иного объекта, доступного нашему восприятию. Но чем именно? Организм состоит из клеток. Ему присущи метаболизм, гомеостаз, рост, реактивность, адаптивность, самовоспроизводимость, сложная структура, сложное поведение, изменчивость, способность эволюционировать и тому подобное. Известно 123 определения жизни, учитывающие эти и многие другие замечательные свойства в той или иной комбинации, но ни одно из них не удовлетворяет научное сообщество. Многие естествоиспытатели ощущают, что нечто таинственное все же ускользает от нас. Хотя, если к перечисленным атрибутам добавить самоудвоение, оптическую активность и хиральную чистоту, то в совокупности вырисовывается нечто, похожее на истину. Однако, если мы будем пытаться сами внести какую-то дополнительную ясность в данный вопрос, нам ни в коем случае не следует упускать из виду, что над проблемой жизни уже размышляли Исаак Ньютон, Эрвин Шредингер и другие величайшие умы. Первый из упомянутых нами мыслителей был «прилежный, мудрый и верный истолкователь природы», как сказано в эпитафии на его надгробии в Вестминстерском аббатстве, а второй написал гениальную книгу «Что такое жизнь», которая открыла эпоху современной генетики.

Казалось бы, почему бы не обойти стороной проблему определения живого организма и не заняться конкретными вопросами истолкования достоверно установленных гелиобиологических закономерностей? Но и в этом случае нас ждут проблемы и разочарования. В качестве переносчиков солнечно-биосферного взаимодействия в литературе уже многократно обсуждались электрические и магнитные поля, радиоволны, ультрафиолетовое излучение, инфразвук, аэрозоли, и, наконец, не известное еще науке так называемое Z-излучение. В качестве механизмов взаимодействия безуспешно анализировались резонансные, параметрические, гироскопические, коллективные и обменные эффекты. Безуспешность мы понимаем в том смысле, что не удалось еще построить физико-математическую модель хотя бы одного гелиобиологического явления. Другими словами, мы знаем факты, но у нас нет подходящих теорий и гипотез. Не вполне благоприятное положение дел выразилось в том, что получило некоторое распространение непродуктивное представление о невоспроизводимости биоманнитных опытов и неинтерпретируемости гелиобиофизических наблюдений.

При сложившихся обстоятельствах просматриваются две разумные стратегии исследовательского поведения. Можно смириться с тем, что воздействие солнечной активности на жизнедеятельность организмов останется недоступным для понимания до будущих времен, когда, наконец, будет установлена физическая сущность живого организма и тем самым будет дано научно обоснованное определение жизни. При таком выборе гелиобиологу пока что не остается ничего другого, как прилежно накапливать факты и воздерживаться от скороспелых выводов. Но можно продолжать упорно искать ключ к пониманию отдельных сторон проблемы, осторожно формировать частные гипотезы, допускающие экспериментальную проверку, производить контролируемые и в обязательном порядке воспроизводимые опыты, надеясь на чудо озарения.

Вполне понятно, что выбор здесь отнюдь не однозначен. Первый путь, возможно, приведет нас к цели, но при условии решения значительно более трудной задачи. В пользу второго пути говорит исторический опыт научных открытий. Приведем только несколько примеров. В 1911 г. Камерлинг-Оннес, изучая свойства веществ при низких температурах, обнаружил сверхпроводимость ртути. В 1933 г. Мейсснер обнаружил явление выталкивания магнитного поля из толщи сверхпроводника. В 1935 г. братья Лондоны объяснили в общих чертах явление выталкивания. Знаменитое уравнение Лондонов имеет вид

$$\frac{4\pi}{c} \lambda^2 \mathbf{J} + \mathbf{A} = 0. \quad (1)$$

Здесь c — скорость света, λ — лондоновская глубина проникновения, $\mathbf{J}$ — плотность тока, $\mathbf{A}$ — векторный потенциал, причем такой, что $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$, где $\mathbf{B}$ — магнитное поле и $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$ (лондоновская калибровка векторного потенциала). В 1950 г. уравнение (1)

дало ключ построению феноменологической Ψ -теории сверхпроводимости [Гинзбург, 2004]. Но ни у кого не возникало ключевой идеи относительно физического механизма сверхпроводимости на протяжении долгих 45 лет после открытия Камерлинг-Оннеса. И лишь в 1956 г. Леон Купер открыл механизм спаривания электронов (эффект Купера), который лег в основу микроскопической теории сверхпроводимости, созданной Бардиным, Купером и Шриффером в 1957 г.

Мы надеемся, и для этого есть основания, что рано или поздно нечто подобное произойдет и в гелиобиологии. Но не скоро, во всяком случае, не теперь. Пока что нам придется ограничиться размышлениями общего характера. В связи с юбилеем Чижевского мы выберем для этого, как уже было сказано выше, простой вопрос: не является ли живой организм макроскопическим квантовым объектом?

Вообще говоря, этот вопрос подробно исследовал Шредингер еще в начале 40-х гг. прошлого века. Напомним, что Шредингер родился в 1887 г. в Вене, получил разностороннее образование, в 1926 г. сформулировал уравнение Шредингера, известное каждому физическому, получил Нобелевскую премию за 1933 г. и в этом же году перебрался с семьей в Оксфорд, покинув Берлин из отвращения к фашистскому режиму. В феврале 1943 г. Шредингер прочитал в Дублине три лекции под общим названием «Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки». (Заметим, что в это время публичная активность Чижевского была пресечена, а сам он находился в заточении.) Через год лекции были изданы в виде монографии на английском языке [Schrödinger, 1944]. После некоторых перипетий монография была издана в переводе на русский язык при настойчивой поддержке Михаила Александровича Леонтовича [Шредингер, 1947].

Сделаем небольшое отступление и поговорим о «трех великих проблемах» современного естествознания, на которые неоднократно указывал Виталий Лазаревич Гинзбург. Обозначим их здесь кратко корневыми словами: энтропия, ψ -функция и редукция [Гинзбург, 2004]. Все три проблемы живо интересовали Шредингера. Шредингер, говоря об организме, выразительно заметил, что он питается отрицательной энтропией (“It feeds on negative entropy” [Schrödinger, 1944]). Шредингер не был вполне удовлетворен копенгагенской интерпретацией квантовой механики (проблема ψ -функции). Но и Шредингер, и Гинзбург, оба указывают на проблему редукции как на самую трудную из трех и наиболее важную. Сущность проблемы состоит в интерпретации проявлений жизни на основе законов физики [Шредингер, 1947].

Наиболее фундаментальными являются законы квантовой механики. В естествознании принято считать, что этим законам подчиняется любой материальный объект, в том числе и живой организм. С этой точки зрения наш вопрос (является ли жизнь макроскопическим квантовым явлением) кажется несколько надуманным. Но есть радикальное различие

между фотоном, т. е. квантом электромагнитного поля, и классическим радиосигналом, представляющим собой макроскопический бозе-конденсат громадного числа фотонов. И есть радикальное различие между обычным куском металла и сверхпроводником. Эти сопоставления поясняют, что мы можем так и не получить ответ на наш вопрос, даже если проблема редукции будет решена. Впрочем, насколько можно судить по литературе, у нас нет никакой надежды на решение проблемы редукции в обозримом будущем.

Как тогда вообще приступить к содержательному обсуждению нашего вопроса? Положение кажется безвыходным. Между тем, мы без сомнений относим к классу макроскопических квантовых объектов жидкость, если она обладает способностью протекать без трения через узкие щели и капилляры. Ток, текущий в сверхпроводящем металле вечно, не прекращаясь, мы без колебаний считаем макроскопическим квантовым процессом. Давайте сопоставим это с тем, что мы видим на Земле клеточные организмы, обладающие никак не менее удивительными, пожалуй, даже более странными свойствами, совершенно не похожими на свойства объектов неживой природы. Организмы воспроизводят себя на протяжении миллиардов лет, испытывая при этом фантастические метаморфозы. И не видно принципиальной причины, по которой процесс воспроизводства и метаморфоз может прекратиться. Казалось бы, данное сопоставление прямо указывает на то, что целостный организм представляет собой макроскопический квантовый объект.

Но это всего лишь рассуждение общего порядка. Можно назвать его метафизическим, или, если угодно, философским. Обширная литература по гелиобиологии, магнитобиологии и смежным вопросам содержит немало рассуждений такого рода. Приведем ссылки только на некоторые статьи: [Птицына и др., 1998; Аносов, Трухан, 2003; Бинги, Савин, 2003; Менский, 2005; Владимирский, 2009; Ведрал, 2011; Panov, 2013; Fartowa, Vedral, 2015]. Укажем еще на журнал *NeuroQuantology*, который издается с 2003 г. В нем авторы много пишут о квантовом сознании, причем справедливо полагают, что феномен сознания нелегко понять с классических позиций, но забывают при этом, что и квантовые представления еще не во всем вполне понятны. Иногда удивляет небрежность авторов, излагающих пространственные суждения о столь трудном предмете. Это разительно не похоже на тексты классиков естествознания, в которых выдержан уровень интеллектуальной ответственности, даже если речь идет о запредельном (см., например, Эпилог к монографии [Шредингер, 1947]).

Однако в данном случае физик и биофизик интересуется не общими соображениями, а ответами на вполне конкретные вопросы. Поскольку уравнения, управляющие поведением организма, нам не известны, бессмысленно спрашивать, входит ли в них постоянная Планка, характерная для квантовой механики. В то же время можно обсуждать на конструктивной основе, например, вопрос о наблюдении в

эксперименте проявлений фазы ψ -функции, предположительно описывающей состояние целостного организма как макроскопического квантового объекта. Вид комплексной волновой функции $\psi = |\psi| \exp(i\alpha)$ нам не известен, но мы достоверно знаем, что ее фаза α зависит от векторного потенциала $\mathbf{A}$ магнитного поля. Если бы нам удалось обнаружить реакцию организма на вариацию поля $\mathbf{A}$ во времени и/или в пространстве, это было бы прямым свидетельством квантовой природы живого. Здесь во избежание недоразумений необходимо отметить, что скалярный потенциал электромагнитного поля также влияет на фазу α волновой функции. Однако мы ограничимся обсуждением векторного потенциала по той простой причине, что именно поле $\mathbf{A}$ представляет особый интерес с точки зрения магнито-биологии и гелиобиологии. При этом общая и вполне объяснимая беспомощность в попытке понять сущность живого организма не позволяет нам думать, что мы уже стоим на пороге открытий. В отличие от нас, авторы статьи [Аносов, Трухан, 2003], по-видимому, думают иначе. Но с этим трудно согласиться. По нашему мнению, на данном пути предстоит еще долгий и кропотливый труд.

Прежде всего, необходимо сконструировать подходящий источник поля $\mathbf{A}$. Переменное поле возбуждает электрическое поле $\mathbf{E} = -c^{-1} \partial \mathbf{A} / \partial t$, а это может повредить чистоте эксперимента. Поэтому источник должен быть статичным. Вполне понятно, что ввиду отсутствия руководящей теории эксперименты будут проводиться, так сказать, «наощупь» классическим методом проб и ошибок. Ведь в основе наших надежд и ожиданий лежит всего лишь та же мысль, что и мысль о связи сверхпроводящего тока с фазой волновой функции бозе-эйнштейновского конденсата куперовских пар. С учетом этого надо руководствоваться физической интуицией, а она подсказывает нам выбор источника, создающего резко неоднородное поле, для того чтобы оно индуцировало сильный градиент фазы $\nabla \alpha$ в пределах биологического препарата. Вполне понятно, что поле $\mathbf{A}$ должно быть безвихревым, поскольку мы хотим исключить мешающее влияние поля $\mathbf{B}$ на организм. Другими словами, по той же причине, по которой источник должен быть статичным, он должен удовлетворять еще и условию $\nabla \times \mathbf{A} = 0$ в области пространства, занятой подопытным организмом.

Один из нас (В.Ф.) создал подходящий источник. Он удовлетворяет трем условиям одновременно и назван нами Ф-источником. Пробный образец Ф-источника показан на рис. 1. Общий вид Ф-источника объясняет происхождение его названия. Мы видим кольцо из магнитомягкого материала со следующими габаритами: внешний диаметр 53 мм, внутренний диаметр 40 мм, ширина 18 мм. Перемычка диаметром 10 мм набрана из 40 неодимовых магнитов. По замыслу поле $\mathbf{B}$ полностью сосредоточено внутри кольца и перемычки, а поле $\mathbf{A}$ изменяет свое направление на прямо противоположное, если перемещаться в плоскости рисунка с одной стороны перемычки на другую. Измерения магнитного поля теслаамперметром Ф4354/1 дали значение 1030 мТл внутри перемычки. Из-за несовершенства опытного образца происходит небольшое рассеяние магнитного

поля во внешнее пространство, но рассеянное поле нигде не превышает 2 мТл.

Лабораторные опыты с Ф-источником были начаты 14 июля 2016 г. В своих поисках мы не рассчитываем на быстрый успех и занимаемся пока что главным образом отработкой методик. Простейшая конфигурация эксперимента показана на рис. 2. Мы видим чашку Петри, внутри которой находится колония одноклеточных организмов. На крышку чашки помещен Ф-источник. На контрольной чашке (она здесь не показана) располагался его муляж. После проведения ряда сеансов мы склонились к мысли, что разумно поменять местами Ф-источник и чашку с биопрепаратом. (Вполне понятно, что в контрольной паре также меняются местами чашка и муляж Ф-источника.) Рассматривались и другие варианты, в частности, обсуждалась возможность поместить Ф-источник внутрь чашки Петри. Выбор однородной колонии микроорганизмов продиктован необходимостью обеспечить более или менее простой способ сопоставления состояния колонии, экспонированной в поле Ф-источника, с состоянием колонии в контрольной чашке Петри. Пока что наши наблюдения не дали четкого результата, но вариантов испытаний остается еще достаточно много. Необходимо особо подчеркнуть, что при постановке и проведении экспериментов мы пользуемся дружеской поддержкой и консультациями сотрудников Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, за что выражаем им глубокую благодарность.

Рано или поздно в ходе лабораторных опытов у нас не могла не возникнуть идея улучшить конструкцию источника, сделав поле $\mathbf{A}$ компактным, т. е. устранив его во внешнем пространстве, окружающем экспериментальную установку. Для этого достаточно взять сферический слой из магнитомягкого материала и поместить внутри вдоль диаметра перемычку, набранную из неодимовых магнитов. Мы не будем обсуждать здесь габариты компактного источника, способы размещения биоматериала внутри источника и другие, безусловно важные, но чисто технические детали.



Рис. 1. Пробный образец Ф-источника векторного потенциала для проведения магнитобиологических экспериментов

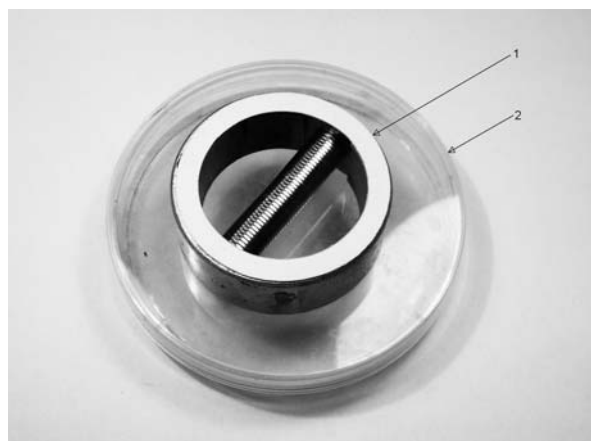


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки. Показано взаимное расположение Ф-источника (1) и чашки Петри (2), внутри которой располагается колония одноклеточных организмов

Обратим внимание на простой вопрос, возникающий в связи с идеей компактного источника поля А. Как будет выглядеть структура электромагнитного поля, если компактный источник превратить в ротор, т. е. заставить сферическую оболочку вращаться вокруг оси, не обязательно совпадающей с осью внутренней перемычки? Вопрос интересен тем, что ответ требует решения нетривиальной электродинамической задачи.

В заключение следует сказать, что представление о целостном организме как о макроскопическом квантовом объекте всего лишь рабочая гипотеза, но гипотеза довольно правдоподобная. Подчеркнем, что основатель гелиобиологии А.Л. Чижевский предвидел зарождение квантовой биологии, в задачу которой, по его мнению, должно входить экспериментальное и теоретическое изучение живых систем с позиции квантовой теории [Чижевский, 1974]. Мы попытались внести скромный вклад в становление этого направления исследований. В завершение статьи мы хотим высказать предположение о том, что реально существующее поле векторного потенциала А является тем гипотетическим Z-полем, о котором А.Л. Чижевский настойчиво говорил в связи с реакцией живых организмов на вариации солнечной и геомагнитной активности.

Выражаем глубокую благодарность Н.А. Рубан за консультации и техническую помощь, а также О.Д. Зотову, Ю.Г. Изюмову, А.Н. Камшилину, Б.И. Клайну, А.Н. Красновой, В.В. Крылову, Г.П. Маркову, Н.М. Минеевой, В.А. Пархомову, А.А. Поплескину и А.А. Спиваку за многочисленные обсуждения. Особую признательность выражаем А.С. Потапову за постоянное внимание к работе и ценные советы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-05-00056).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аносов В.Н., Трухан Э.М. Новый подход к проблеме воздействия слабых магнитных полей на живые объекты // Доклады РАН. 2003. Т. 392, № 5. С. 1–5.

Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // УФН. 2003. Т. 173, № 3. С. 265–300.

Бучаченко А.Л. Магнитно-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине // Успехи химии. 2014. Т. 83, № 1. С. 1–12.

Ведрал В. Жизнь в квантовом мире // В мире науки. 2011. № 8. С. 14–21.

Владимирский Б.М. Солнечно-биосферные связи. Полвека спустя после А.Л. Чижевского // История и современность. 2009. № 2 (10). С. 119–131.

Гинзбург В.Л. О сверхпроводимости и сверхтекучести (что мне удалось сделать, а что не удалось), а также о «физическом минимуме» на начало XXI века // УФН. 2004. Т. 174, № 11. С. 1240–1255. DOI: 10.3367/UFNr.0174.200411g.1240.

Гроссберг А.Ю. Несколько замечаний, навеянных обзором В.Н. Бинги и А.В. Савина о магнитобиологии // УФН. 2003. Т. 173, № 10. С. 1145–1148.

Гульельми А.В. Новый взгляд на происхождение геомагнитных пульсаций // Природа. 1985. № 4. С. 44–51.

Гульельми А.В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и в магнитосфере Земли // УФН. 2007. Т. 177, № 12. С. 1257–1276. DOI: 10.3367/UFNr.0177.200712a.1257.

Менский М. Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики // УФН. 2005. Т. 175, № 4. С. 413–436.

Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И. и др. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // УФН. 1998. Т. 168, № 7. С. 767–791. DOI: 10.3367/UFNr.0168.199807d.0767.

Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 352 с.

Чижевский А.Л. Вся жизнь. М.: Сов. Россия, 1974. 208 с.
Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: ИЛ, 1947. 128 с.

Farrow T., Vedral V. Classification of macroscopic quantum effects // Optics Communications. 2015. V. 337. P. 22–26.

Guglielmi A.V., Pokhotelov O.A. Geoelectromagnetic waves // IOP Publ. Ltd.: Bristol and Philadelphia. 1996. 402 p.

Panov A.D., Quanta, Computations, and Extended Everett Concept // NeuroQuantology. 2013. V. 11, Iss. 1. Suppl. 1. P. 116–122.

Schrödinger E. What is life? The physical aspect of the living cell. Cambridge: University Press, 1944. 194 p.

Troitskaya V.A., Guglielmi A.V. Geomagnetic micropulsations and diagnostics of the magnetosphere // Space Sci. Rev. 1967. V. 7. N 5/6. P. 689–769.

REFERENCES

Anosov V.N., Trukhan E.M. A new approach to the problem of the effect of weak magnetic fields on living organisms. *Doklady RAN* [Doklady of RAS]. 2003, vol. 392, no 5, pp. 1–5. (In Russian).

Binhi V.N., Savin A.V. Effects of weak magnetic fields on biological systems: Physical aspects. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi (Adv. Physical Sciences)]. 2003, vol. 46, no 3, pp. 259–291. (In Russian).

Buchachenko A.L. Magnetic-dependent molecular and chemical processes in biochemistry, genetics and medicine. *Uspekhi khimii* [Russian Chemical. Rev.] 2014, vol. 83, no 1, pp. 1–12. <http://dx.doi.org/10.1070/RC2014v083n01ABEH004335>. (In Russian).

Chizhevsky A.L. Terrestrial echo of solar storms M.: Mysl', 1973. 352 p. (In Russian).

Chizhevsky A.L. All Life. M.: Sov. Rossiya, 1974. 208 p. (In Russian).

Farrowa T., Vedral V. Classification of macroscopic quantum effects. *Optics Communications*. 2015, vol. 337, pp. 22–26.

Ginzburg V.L. On superconductivity and superfluidity (what I have and have not managed to do), as well as on the “physical minimum” at the beginning of the XXI century. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi (Adv. Physical Sciences)]. 2004, vol. 47, pp. 1155–1170. DOI: 10.1070/PU2004v047n11ABEH001825. (In Russian).

Grosberg A.Yu. A few remarks evoked by Binhi’s and Savin’s review on magnetobiology. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi (Adv. Physical Sciences)]. 2003, vol. 46, no 10, pp. 1113–1116. DOI: 10.3367/UFNr.0173.200310g.1145. (In Russian).

Guglielmi A.V. A novel view of the origin of geomagnetic pulsations. *Priroda* [Nature]. 1985, no. 4, pp. 44–51. (In Russian).

Guglielmi A.V. Ultra-low-frequency electromagnetic waves in the Earth’s crust and magnetosphere // *Phys. Usp.* 2007, vol. 50, no 12, pp. 1197–1216. DOI: 10.3367/UFNr.0177.200712a.1257. (In Russian).

Guglielmi A.V., Pokhotelov O.A. Geoelectromagnetic waves. IOP Publ. Ltd.: Bristol and Philadelphia. 1996. 402 p.

Menskii M.B. Concept of consciousness in the context of quantum mechanics. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi (Adv. Physical Sciences)]. 2005, vol. 48, no 4, pp. 389–409. DOI: 10.1070/PU2005v048n04ABEH002075. (In Russian).

Panov A.D. Quanta, Computations, and Extended Everett Concept. *NeuroQuantology*. 2013, vol. 11, iss. 1, suppl. 1, pp. 116–122.

Ptitsyna N.G., Villaresi G., Dorman L.I., Iucci N., Tyasto M.I. Natural and man-made low-frequency magnetic fields as a potential health hazard. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics-Uspekhi (Adv. Physical Sciences)]. 1998, vol. 41, no 7, pp. 687–709. DOI: 10.1070/PU1998v041n07ABEH000419. (In Russian).

Schrödinger E. What is life? The physical aspect of the living cell. Cambridge: University Press, 1944. 194 p.

Schrödinger E. What is life from the point of view of physics? Moscow, IL Publ., 1947. 128 p. (In Russian).

Troitskaya V.A., Guglielmi A.V. Geomagnetic micropulsations and diagnostics of the magnetosphere. *Space Sci. Rev.* 1967, vol. 7, no 5/6, pp. 689–769.

Vedral V. Living in a quantum world. *V mire nauki* [Scientific American]. 2011, no. 8, pp. 14–21.

Vladimirsky B.M. Solar-biospheric relations. Half a century after A.L. Chizhevsky. *Istoriya i sovremennost’* [History and Present]. 2009, no. 2 (10), pp. 119–131.