

## ВЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК КАНАЛ ИНФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖИВЫЕ ОБЪЕКТЫ

© 2007 г. Э.М. Трухан, В.Н. Аносов

Московский физико-технический институт, 141700, Долгопрудный Московской области, Институтский пер., 9

Поступила в редакцию 11.02.03 г.

После доработки 25.01.06 г.

Рассмотрены физические свойства векторного потенциала в аспекте проблемы биологической активности слабых электромагнитных полей. Проанализированы возможные первичные механизмы действия векторного потенциала на элементарные процессы переноса зарядов, аналогичные известным эффектам Ааронова–Бома и Джозефсона. Обоснована возможность использования безроторного векторного потенциала для «безсилового» информационного воздействия на биохимические процессы в живой клетке. Обсуждены технические возможности создания в лабораторных условиях необходимой величины свободного от магнитного поля («безроторного») векторного потенциала.

*Ключевые слова:* биологическое действие электромагнитных полей, векторный потенциал, эффект Ааронова–Бома, эффект Джозефсона.

Вопрос о воздействии возмущений магнитосферы Земли на состояние живых организмов давно поднимался в литературе [1]. Наиболее привлекательной гипотезой о его механизме нам представляется предположение о биологической активности вариаций векторного потенциала, вызванных периодическими изменениями взаимной ориентации локальных векторных потенциалов Земли, Луны, Солнца, а также Галактики, и флуктуаций его в период магнитных бурь [2,3]. Указанная проблема встает в один ряд с проблемой парадоксальной биологической активности слабых и сверхслабых магнитных полей, которая также может быть связана с физико-химической активностью векторного потенциала, всегда сопровождающего магнитные поля, но не регистрируемого экспериментаторами. В работе [4] приведены краткие теоретические обоснования и некоторые экспериментальные свидетельства в пользу реальности проявления биологической активности векторного потенциала. В данном сообщении теоретические основания излагаются более обстоятельно и формулируются условия, при которых возможно наблюдение действия лабораторного источника векторного потенциала на макроскопические объекты.

### ФОРМАЛИЗМ И РЕАЛЬНОСТЬ ВЕКТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Векторный потенциал,  $A$ , впервые появился в физике в середине 19 века усилиями ряда ученых (М. Фарадея, В. Вебера, Ф. Неймана,

У. Томсона, Г. Кантора, Д. Максвелла) как качественная, а затем и количественная характеристика деформационного электротонического напряжения эфира, ответственного за взаимодействие токов [5]. Впоследствии за векторным потенциалом укрепилось представление как о вспомогательной математической величине, облегчающей вычисление магнитного и электрического полей (а именно: индукция магнитного поля  $B = \text{rot}A$ , напряженность электрического поля  $E = -\text{grad}\phi - \partial A / \partial t$  и не претендующей на самостоятельный физический смысл [6]. Однако после идеи, высказанной в 1959 г. Аароновым и Бомом [7], стало возможным рассматривать векторный потенциал как поле, имеющее самостоятельное физическое значение и способное оказывать непосредственное воздействие на физические процессы, в том числе и тогда, когда в месте расположения объекта воздействия  $\text{rot}A = 0$ , т.е. магнитного поля нет. Эти соображения получили экспериментальное подтверждение («эффект Ааронова–Бома») и дальнейшее развитие в ряде работ других авторов [8–10], хотя и остаются до сих пор малоизвестными.

Физический механизм воздействия векторного потенциала основан на том, что он изменяет фазу  $\psi$ -функции частицы. Действительно, волновое уравнение Шредингера для стационарного состояния заряженной частицы в поле векторного потенциала  $A$  имеет вид [11]:

$$(m \nabla^2 - i\hbar \nabla - eA)^2 \psi + [E - U(x, y, z)] \psi = 0, \quad (1)$$

где  $\hbar$  – постоянная Планка,  $e$  и  $m$  – заряд и масса частицы,  $E$  и  $U(x, y, z)$  – ее полная и потенциальная энергии,  $\nabla$  – дифференциальный оператор Набла. Его решение:  $\psi = \psi_0(x, y, z) e^{i\phi}$ , где  $\psi_0(x, y, z)$  – решение уравнения (1) при  $A = 0$ , в чем легко убедиться непосредственной подстановкой этого выражения в уравнение (1). Эти решения отличаются лишь сдвигом фазы волновой функции на величину:

$$\psi = (e / \hbar) \int A dr. \quad (2)$$

Здесь интегрирование проводится вдоль «траектории» частицы. Важно отметить, что изменение фазы  $\psi$ -функции зависит не от  $\text{rot} A$ , а непосредственно от величины  $A$ . Правда, фаза волновой функции не влияет на распределение плотности вероятности обнаружения *уединенной* частицы,  $\rho$  ( $\rho = |\psi|^2$ ). Поэтому часто ошибочно полагают, что векторный потенциал вообще не способен оказать физического измеримого воздействия на заряженную частицу, и в связи с этим считают уравнение Шредингера инвариантным относительно подстановки  $A$ . Однако при суперпозиции *нескольких*  $\psi$ -функций результирующая электронная плотность *зависит* от фаз слагаемых функций. Это важное обстоятельство подробно обсуждается Р. Фейнманом в его знаменитых лекциях [10], но почти полностью игнорируется в нашей отечественной литературе. Экспериментально это явление наглядно проявляется в эффекте Аронова–Бома в виде смещения полос электронной плотности на экране при интерференции электронных волн от двух щелей в вакууме [8]; в периодическом изменении суммарного тока с ростом приложенного  $A$  при интерференции параллельных токов через микрополукольца в проводнике при низких температурах [9]; в эффекте Джозефсона при туннелировании электронных пар сквозь тонкий зазор между двумя сверхпроводниками [10]. Эти физические явления обнаружены экспериментально и уже нашли практическое применение [12, 13].

### ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕКТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Поскольку интерференция волновых функций отвечает за многие элементарные физические и химические процессы, то можно предположить, что перечень возможных проявлений действия векторного потенциала может быть значительно шире. Так, например, многие химические и биохимические реакции относятся к большому классу окислительно-восстановительных процессов, включающих стадию пере-

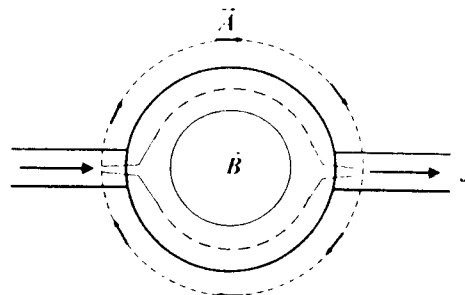


Рис. 1. Эффект Аронова–Бома в полупроводниковом кольце. Интерференция парциальных волновых функций, приводящая к периодической зависимости тока через кольцо от величины безроторного векторного потенциала. Магнитное поле сосредоточено в центральной полости кольца и отсутствует в металлической его части. Пунктирными линиями показаны «траектории» электронов в полукольцах.  $B$  – индукция в полости кольца,  $A$  – векторный потенциал,  $J$  – ток в цепи.

носа электронов между донором и акцептором и иногда по двум (или более) параллельным путям. В этом случае разность фаз между «парциальными»  $\psi$ -функциями, суммирующимися на акцепторе, зависит от сдвигов фаз, набегающих на различных путях электронов. Такой случай имеет глубокую аналогию с оригинальным эффектом Аронова–Бома и повторяет ситуацию с суммированием волновых функций по двум половинкам кольца, описанную Имри [9] и изображенную на рис. 1. В этом случае векторный потенциал мог бы играть роль управляющего воздействия и влиять на скорость химической реакции.

Идеи о возможности воздействия безроторного векторного потенциала на процессы в живых объектах по вышеприведенному механизму, аналогичному эффекту Аронова–Бома, высказывались и ранее [2]. Однако конструктивных предложений о постановке экспериментов высказано не было. И это не случайно. Действительно, из формулы (2) нетрудно получить, что значительная разность набега фаз (порядка  $\pi$ ) на замкнутом контуре *молекулярных* размеров (порядка  $10^{-9}$  м) возникает при значении  $A$  около  $2 \cdot 10^{-6}$  Тм, вполне доступном в лабораторных условиях. Однако известное соотношение, связывающее циркуляцию векторного потенциала по замкнутому контуру с магнитным потоком через его площадь [14]:  $\oint A dl = \iint B ds$ , позволяет получить связь между величинами  $B$  внутри контура и  $A$  на его периметре:

$$B = A / 2r, \quad (3)$$

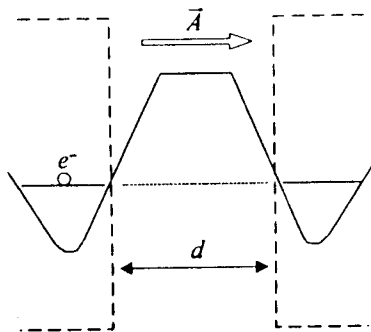


Рис. 2. Аналогия туннельного контакта между двумя молекулами (сплошные кривые) с туннельным переходом Джозефсона (пунктирные линии).

где  $r$  — радиус контура. Отсюда следует, что в этой *двухсвязной* системе разность фаз возникает в том случае, если замкнутый контур движения электронов пронизывается магнитным потоком, а полученная величина  $A$  соответствует магнитной индукции  $B$ , пронизывающей контур, величиной в тысячи тесла. Таким образом, прямое воздействие векторного потенциала на скорость таких реакций возможно лишь в присутствии магнитных полей и при этом столь больших, что они сами способны оказать собственное воздействие на реакцию по другим физическим механизмам. Воздействие же векторного потенциала на данный тип реакции в интересующем нас случае *слабых* полей возможно только при достаточно больших размерах параллельных путей делокализации электронов. Из формул (2) и (3) эту оценку нетрудно получить:  $r \geq (\hbar/eB)^{1/2}$ . Для  $B = 50$  мкТл. (магнитное поле Земли) это дает:  $r \geq 3$  мкм. Такие габариты области *когерентного* переноса электрона в живых объектах при комнатной температуре вряд ли возможны. Поэтому эффекты типа Ааронова–Бома в живых объектах маловероятны.

Ситуация, однако, изменяется, если перейти к *односвязной* топологии переноса зарядов, когда для эффекта важен набег фазы на незамкнутом участке, например, при туннельном переносе. Многие биохимические процессы включают стадию туннельного переноса электронов и протонов между реагентами. Туннельный перенос между локализованными («финитными») состояниями частиц имеет важные особенности в отличие, например, от альфа-распада, когда частица из финитного состояния с дискретным энергетическим спектром переносится в неограниченную среду с непрерывным спектром [15]. Являясь *изоэнергетическим* процессом, туннельный перенос требует достаточно хорошего совпадения энергетических уровней между исходным и конечным состояниями. Но именно в

этом случае после переноса возможен с тем же успехом и обратный процесс. Направленный же *необратимый* перенос частиц становится возможным только благодаря релаксационным процессам в доноре или (и) акцепторе, изменяющим относительное расположение уровней и выводящим систему из резонанса. Часто именно эти процессы лимитируют скорость всей реакции. При этом плотности зарядов (иначе, амплитуды  $\psi$ -функций) на доноре и акцепторе до начала и в первый период релаксации близки друг к другу. Эта ситуация формально почти полностью аналогична случаю туннелирования электронных пар между двумя сверхпроводниками через тонкий зазор в эффекте Джозефсона [10]. Эта аналогия условно изображена на рис. 2, где пунктиром показаны границы двух эквивалентных сверхпроводников, а сплошная кривая изображает профиль энергетического барьера, разделяющего плотность элементарного заряда между двумя молекулами, участвующими в туннельном переносе. В сверхпроводнике, как известно, электронные пары когерентны, и их состояние может быть описано одной волновой функцией, так же как и состояние электрона, участвующего в туннельном переносе между двумя молекулами. Поэтому в первом приближении скорость переноса заряда можно описать так же, как и в стационарном эффекте Джозефсона:

$$v = v_0 \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $v_0$  — максимальное значение скорости, зависящее от геометрии и высоты барьера между донором и акцептором,  $\varphi$  — разность фаз между волновыми функциями зарядов на доноре и акцепторе, содержащая вклад, создаваемый стационарным векторным потенциалом по (3). Для реальных биохимических систем скорость переноса будет иметь более сложный вид, но зависимость ее от  $A$  в некотором виде должна сохраниться.

В данном случае  $A$  может создаваться стационарным потоком магнитной индукции, расположенным за пределами реакционного пространства. Интегрирование в (2) при этом происходит лишь по малой части контура  $A$ , охватывающего магнитный поток, и результирующий набег фаз не связан с величиной  $B$  так жестко, как в предыдущем случае. Величина магнитного потока, требуемая для создания того же набег фаз  $\pi$  на таком же габарите «траектории»  $d = 10$  нм, как и в предыдущем случае, может быть создана гораздо меньшей величиной  $B$  за счет большого сечения магнитного потока, которое уже не ограничено габаритом траектории. Теперь для величины  $B$  по-

лучим вместо (3) другое выражение:  $B = 2\pi RA/S$ , где  $S$  – сечение области локализации потока магнитной индукции,  $R$  – удаление его центра от туннельного перехода. Располагая область локализации магнитного потока площадью  $S$  около  $1 \text{ см}^2$  на расстоянии  $R$  десятка сантиметров от реакционной зоны, можно получить в последней безроторный векторный потенциал около  $2 \cdot 10^{-6} \text{ Тм}$ , изменяющий набег фаз на барьере на  $\pi$  при величине  $B = 10 \text{ мТл}$  в магнитном потоке. Это вполне реализуемо в лабораторных условиях. При этом величина магнитной индукции в области протекания реакции может быть исчезающе малой.

Возможной мишенью воздействия векторного потенциала может быть и вода, являющаяся важнейшей средой для биохимических и биофизических процессов. Перестройка структуры ассоциатов молекул воды, вызванная нарушением условий равновесия на микроскопическом масштабе, происходит в основном посредством туннелирования протонов вдоль межмолекулярных водородных связей через барьер шириной около  $0,8 \text{ \AA}$  на вакансию в соседней молекуле. Этот процесс может быть объектом действия векторного потенциала, изменяющего скорости процессов перестройки структуры водных ассоциатов, а вместе с этим и судьбу биохимической системы клетки. Оценка векторного потенциала, создающего дополнительный сдвиг фаз  $\Delta\phi = \pi$  при ширине барьера  $0,8 \text{ \AA}$ , дает величину  $A$  около  $4 \cdot 10^{-5} \text{ Тм}$ .

Приведенные общие соображения говорят о том, что эти сугубо квантовые элементарные явления, индуцированные векторным потенциалом, в том числе и безроторным, могут приводить к заметным макроскопическим изменениям состояния и поведения живых систем. При этом первичный акт воздействия, заключающийся в изменении фазы отдельных  $\psi$ -функций, носит сигнальный, информационный характер, в то время как ожидаемый макроскопический эффект является результатом усиления первичных процессов за счет энергетических ресурсов самого объекта воздействия.

В термодинамически неравновесной системе процесс переноса заряда с донора на акцептор ( $D \rightarrow A$ ) имеет положительное сродство, т.е. происходит самопроизвольно, но его скорость определяется величиной энергетических барьеров по координате реакции. Как известно [15], при высоте барьера, отделяющего заряд на доноре ( $D$ ) от изоэнергетической вакансии на акцепторе ( $A$ ) от  $0,5$  до  $2 \text{ эВ}$  и ширине барьера от  $1$  до  $20 \text{ \AA}$  для электрона и  $0,8 \text{ \AA}$  для протона, что характерно для подобных процессов в живой клетке, скорость подбарьерного туннельного переноса заряда на много порядков пре-

вышает скорость термоактивированного надбарьерного переноса. При этом резонансный туннельный перенос электрона даже при  $V = 2 \text{ эВ}$  и  $L = 20 \text{ \AA}$  при благоприятном сдвиге фаз между волновыми функциями заряда на доноре и акцепторе,  $\Psi_D$  и  $\Psi_A$  соответственно, остается достаточно быстрым, порядка  $3 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ . Нетрудно заключить, что если скорость процесса ( $D \rightarrow A$ ) лимитируется неблагоприятной разностью фаз в (4), то приложении стороннего векторного потенциала к ансамблю подвижных реагентов ( $DA$ ) может заметно увеличить скорость переноса заряда. Действительно, пусть скорость переноса в ( $DA$ ) определяется формулой (4). Примем направление переноса от  $D$  к  $A$  за положительное. Отрицательное значение  $\sin\phi$  делает этот процесс невозможным, ему соответствует нулевое значение скорости. Усредненное значение этого модулирующего множителя по всем возможным значениям угла  $\phi$  от  $0$  до  $2\pi$  при случайном распределении  $\phi$  по ансамблю пар ( $DA$ ) равно  $1/\pi$ . Если на ансамбль накладывается сторонний векторный потенциал достаточно большой величины, сравнимой с оцененной выше, а комплексы ( $DA$ ) в процессе своей вращательной диффузии меняют пространственную ориентацию вектора переноса относительно направления векторного потенциала, то фазы  $\phi$  в каждой паре ( $DA$ ) получают добавку по формуле (2) и, независимо от своей начальной величины, пробегают через значение  $\pi/2$ , обеспечивающее максимум этого множителя,  $-1$ . Это приводит к увеличению средней по ансамблю скорости переноса  $D \rightarrow A$  в  $\pi$  раз, т.е. примерно на  $200\%$ . Таким образом, как мы видим, векторный потенциал может быть эффективным модулятором (усилителем) скорости процесса в неравновесной жидкой системе.

Интересно сравнить амплитуду его управляющего действия с «шумовым» воздействием тепловых флуктуаций туннельного тока. Проблема модуляции туннельного тока внешними воздействиями в последнее время стала актуальной. Но строгое решение подобной задачи даже в рамках упрощенных моделей структуры перехода чрезвычайно сложно [16]. Однако упрощенная оценка основных факторов влияния тепловых флуктуаций на скорость туннельного переноса не представляет труда. Такими факторами являются флуктуации расстояния переноса и высота энергетического барьера. Если ограничиться моделью изоэнергетического переноса между двумя прямоугольными ямами, разделенными прямоугольным барьером ширины  $L$  и возвышением его вершины над уровнем энергии электрона  $V$ , то для скорости пере-

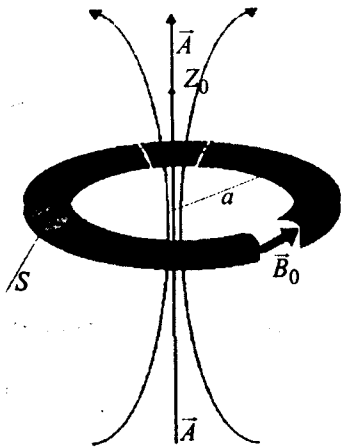


Рис. 3. Способ создания безроторного векторного потенциала. Линии вокруг тора – направление векторного потенциала.

носа можно использовать известную формулу Гамова:

$$W = \omega_0 \exp[-(2L/\hbar)(2mV)^{1/2}], \quad (5)$$

где  $\omega_0$  – собственная частота колебаний электрона в «левой» яме. Для биологически интересных случаев можно принять для грубой оценки [15]  $\omega_0 = 10^{16} \text{ с}^{-1}$ ,  $L = 5 \text{ \AA}$ ,  $V = 1,5 \text{ эВ}$ . Среднеквадратичное изменение ширины барьера можно связать с величиной тепловых флуктуаций атомных координат при комнатной температуре [15], что дает оценку для  $\Delta L/L \approx 0,3$  в нашем случае. Из формулы (5) получим при прочих равных условиях  $\Delta W/W \leq 0,4$ . С ростом ширины барьера и уменьшением его высоты эта модуляция уменьшается. Величина флуктуации высоты барьера зависит от многих обстоятельств. Для грубой оценки ситуацию можно моделировать возмущением барьера, вызываемым тепловым движением единичного заряда, удаленного от центра барьера на расстояние  $10 \text{ \AA}$ . Принимая для флуктуации его положения разумную для белка при комнатной температуре величину  $0,5 \text{ \AA}$  [15], при диэлектрической постоянной среды равной 3, получим оценку этого стохастического кулоновского возмущения высоты барьера в виде  $\Delta V/V \leq 0,02$  и из формулы (5) оценку амплитуды модуляции скорости переноса  $\Delta W/W \leq 0,05$ . Полученные значения величин обоих вкладов в амплитуду теплового шума туннельного тока значительно меньше оцененного выше возможного воздействия на него векторного потенциала.

Разумеется, сделанные оценки носят грубый предварительный характер. Но пока более серьезных расчетов нет, можно предположить, что

рассматриваемый новый канал воздействия на скорость химических процессов в неравновесной системе в первом приближении защищен от тепловых флуктуаций и его проявление в экспериментах при комнатной температуре не является удивительным.

### СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ БЕЗРОТОРНОГО ВЕКТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Величина векторного потенциала, определяющая магнитную индукцию через значение своего ротора, вычисляется по заданной системе токов [17]:

$$A(r) = (\mu/4\pi) \int [j(r')/|r-r'|] dV'. \quad (6)$$

Здесь  $\mu$  – магнитная проницаемость среды, а интегрирование проводится по координатам элементов макроскопического тока  $dV'(r')$  в проводниках или молекулярных токов в магнитах.

Формула (6) дает общее решение задачи. Однако часто можно воспользоваться подобием выражения  $A$  через  $B$  и выражения  $B$  через  $j$  [17]. Поэтому если распределение магнитного поля для некоторой геометрии задачи известно, то распределение векторного потенциала в подобном случае получается простой заменой обозначений.

В контексте нашей проблемы нас интересует случай создания безроторного векторного потенциала, т.е. потенциала, свободного от магнитного поля в области расположения объекта воздействия. Геометрия устройства, создающего локализованное магнитное поле, хорошо известна, это соленоид, свернутый в тор, или намагниченный стержень, замкнутый в «бублик» (рис. 3). Магнитное поле сосредоточено внутри тела «бублика», снаружи же от него лишь *безроторный* векторный потенциал. Линии векторного потенциала охватывают соленоид или магнитный стержень, создавая в центре кольца и вблизи от него область относительно однородного поля. Величину потенциала в функции координат можно найти, если воспользоваться подобием, указанным выше. Так, на оси тонкого кольца с магнитной индукцией  $B$  для векторного потенциала получим [6]:

$$A = \Phi r^2 [2(r^2 + z^2)]^{3/2}, \quad \Phi = BS, \quad (7)$$

Здесь  $r$  – радиус тора,  $z$  – расстояние от плоскости кольца,  $S$  – площадь поперечного сечения тела тора. При  $r = 3 \text{ см}$ ,  $S = 2 \text{ см}^2$ ,  $B = 150 \text{ мТл}$ ,  $z = 0$  (в центре плоскости кольца)  $A = 3,56 \cdot 10^{-4} \text{ Тм}$ . При удалении от центра по оси на расстояние  $z = 5 \text{ см}$   $A = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ Тм}$ , т.е. такое устройство обеспечивает необходи-

мую величину векторного потенциала. При этом во всем пространстве, окружающем тор, магнитное поле, создаваемое устройством, отсутствует!

Полученные результаты обосновывают возможность постановки экспериментов по изучению биологической активности безроторного векторного потенциала, определяют необходимые технические требования к лабораторному источнику векторного потенциала и указывают способ их реализации. Некоторые экспериментальные результаты, полученные нами с использованием приведенных выводов, частично опубликованы в [4] и будут представлены более полно в других публикациях в ближайшее время.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чижевский А.И. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 348 с.
2. Труханов К.А. // Электромагнитные поля в биосфере / Ред. Н.В. Красногорская. Т. 1. М.: Наука, 1984. С. 331–349.
3. Бауров Ю.А., Труханов К.А. // Биофизика. 1998. Т. 43, вып. 5. С. 928–934.
4. Аносов В.Н., Трухан Э.М. // Докл. РАН. 2003. Т. 392, вып. 5. С. 689–693.
5. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. Москва-Ижевск.: Dynamics, 2001. 511 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Физматгиз, 1960. 400 с.
7. Aharonov Y., Bohm D. // Phys. Rev. 1959. V. 115. P. 485–492.
8. Tonomura A., Osakabe N., Matsuda T., Kawasaki T., Endo J., Yamano S., Yamado H. // Phys. Rev. Lett. 1986. V. 56, № 8. P. 792–795.
9. Имри Дж., Узбб Р. // В мире науки. 1989. № 6. С. 24–31.
10. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 9. М.: Мир, 1967. 259 с.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Физматгиз, 1963. 702 с.
12. Gelinas R.C. Apparatus and method for transfer of information of curl-free magnetic vector potential field. // Patent US 4.432.098 14.02.1984.
13. Puthoff H.E. Communication method and apparatus with signal comprising scalar and vector potentials without electromagnetic fields: Patent US 5.845.220 December 01 1998.
14. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989. 504 с.
15. Чернавская Н.М., Чернавский Д.С. Туннельный транспорт электронов в фотосинтезе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 175 с.
16. Grifoni M., Haengge P. // Physics Reports. 1998. V. 304. P. 229–354.
17. Никольский В.В. Теория электромагнитного поля. М.: Высш. шк., 1964. 384 с.

## Vector Potential as a Channel of Informational Effect on Living Objects

E.M. Trukhan and V.N. Anosov

Moscow Institute of Physics and Technology, Institutskii per. 9, Dolgoprudnyi, Moscow Region, 141700 Russia

The physical properties of the vector potential were considered in terms of the problem of bioactivity of electromagnetic fields. A possible primary mechanism underlying the effect of vector potentials on elementary processes of charge transport were considered by analogy with the well-known Aharonov-Bohms and Josephsons effects. The possibility of using the curl-free vector potential for «force-free» information effect on biochemical processes in the living cell was grounded. The technical possibilities of creation of vector potential free of magnetic field in laboratory are discussed.

*Key words:* biological effect of electromagnetic fields, vector potential, Aharonov-Bohms effect, Josephsons effect