

## РЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МОЛЕКУЛАМИ ДНК

Ихлов Б.Л.<sup>1</sup>, Мельниченко А.В.<sup>2</sup>, Ошечков А.Ю.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «ОКБ «Маяк», Пермь, e-mail: aos57@mail.ru;

<sup>2</sup>ООО «Оникс», Пермь;

<sup>3</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

---

**Цель:** обосновать теоретически и экспериментально возможность подавления роста и омертвления опухолевых тканей путем прерывания подготовки к митозу опухолевых клеток в S-фазе (фазе репликации ДНК) сверхвысокочастотным электромагнитным полем (СВЧ ЭМП), резонансным собственной частоте крутильных колебаний спиралей ДНК клеток опухолей. Из экспериментальных данных, полученных в [4], построен график частотной зависимости выживаемости *E. coli*, позволяющий определить резонансную частоту для исследованного штамма. Для расчета собственной частоты крутильных колебаний спирали ДНК использован лагранжев формализм. Штамм *E. coli* ATCC 25922 облучали электромагнитным полем разных частот при нетепловой плотности потока мощности. Получена формула для собственной частоты крутильных колебаний спирали ДНК. Получен побочный эффект – сильная зависимость выживаемости от дневного света. Вычислена резонансная частота для ДНК штамма ATCC 25922. Получено резкое снижение выживаемости штамма на данной частоте. Показано, что ДНК имеет не только частоту испускания волны СВЧ ЭМП, но и частоту поглощения. Получено теоретическое и экспериментальное обоснование возможности тормозить рост и омертвлять клетки опухолевой ткани воздействием СВЧ ЭМП, если его частота будет резонансной, т.е. совпадающей с собственной частотой крутильных колебаний ряда важнейших ДНК клеток опухоли.

Ключевые слова: опухоль, СВЧ, молекулы ДНК.

## RESONANT ABSORPTION OF MICROWAVE ELECTROMAGNETIC FIELD OF MOLECULES DNA

Ikhlov B.L.<sup>1</sup>, Melnichenko A.V.<sup>2</sup>, Oshchepkov A.Yu.<sup>3</sup>

Special Design Bureau "Mayak", e-mail: aos57@mail.ru;

Ltd. "Onyx", Perm;

Perm State University, Perm

---

**Purpose:** to prove theoretically and experimentally the possibility of suppressing of tumor growth and tissue necrosis by interrupting of preparation for mitosis of tumor cells in S-phase (DNA replication phase) by microwave electromagnetic field (EMF) with resonant natural frequency of torsional vibrations of tumor cell DNA helices. From the experimental data obtained in [4], the schedule of frequency dependence of survival of *E. coli* was constructed, which allows to determine the resonant frequency of the studied strain. Lagrangian formalism was used for the derivation of the natural frequency of torsional vibrations of the DNA helix. Strain ATCC 25922 of *E. coli* was irradiated by electromagnetic field at different frequencies with non-thermal power flux density. Results: a formula for the natural frequency of torsional vibrations of the DNA helix was determined. A side effect - strong dependence survival from daylight - was received. One calculated the resonant frequency of the DNA of the strain ATCC 25922. An abrupt decrease in survival of this strain at a given frequency was received. It was shown that the DNA has not only the frequency of emission of microwaves EMF, but also absorption. It received both theoretical and experimental study of the possibility to inhibit the growth of cells and the deadening of tumor cells under influence of microwave EMF if its frequency will coincide with the natural frequency of torsional vibrations of a number of important DNA of tumor cells.

Keywords: tumor, microwave EMF, DNA

Известно, что возбужденная ДНК испускает СВЧ-волны [1]. Было сделано предположение, что ДНК, обладающая собственной частотой крутильных колебаний в СВЧ-диапазоне, способна и поглощать СВЧ-излучение на резонансной частоте. Следующее предположение состояло в том, что резонансное воздействие ЭМП СВЧ на ДНК может привести к нарушению подготовки клетки к митозу и ее гибели.

Следовательно, имея данные о ДНК клеток онкологической опухоли, можно, воздействуя ЭМП СВЧ собственных частот важнейших ДНК, тормозить ее разрастание или вообще омертвлять эту ткань. Проект изложен в работах [2; 3]. Проверить данную гипотезу предлагалось путем воздействия СВЧ-излучения различных частот на простейшие микроорганизмы.

В [4; 5] было исследовано воздействие СВЧ в диапазоне от 8,82 до 10,4 ГГц при плотности потока мощности  $0,2 \text{ мВт/см}^2$  на клетки мутантного штамма *E. coli hcr' exr'* и дикого штамма *E. coli WP2*. Авторы получили достоверное снижение выживаемости *E. coli hcr' exr'* более чем на 50% при экспозиции 150 мин. на частоте 10,14 ГГц (рис. 1).

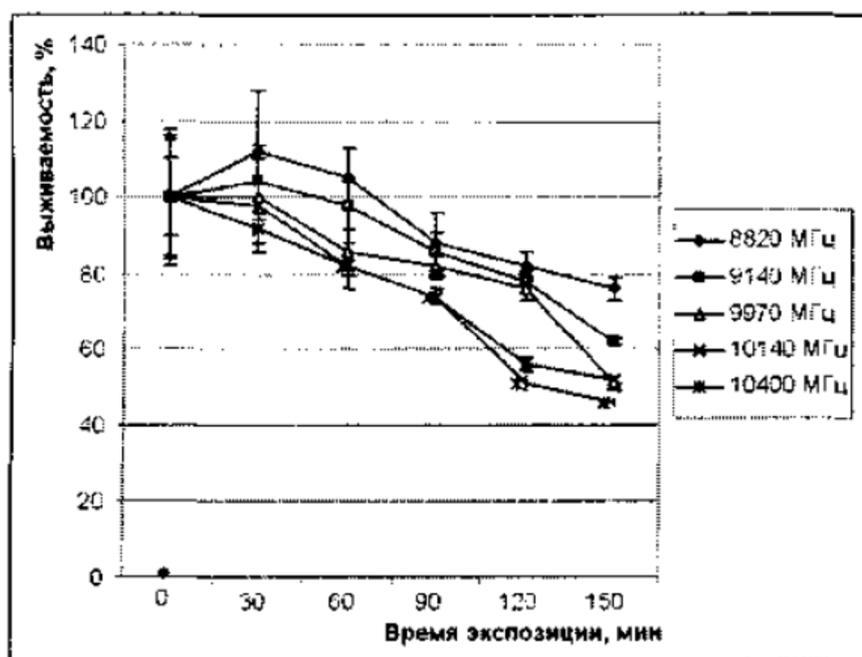


Рис. 1. Зависимость выживаемости *E. coli hcr' exr'* от времени экспозиции [4]

При проведении экспериментов с диким штаммом достоверного изменения выживаемости выявлено не было. Авторы объясняют это тем, что у дикого штамма системы репарации не нарушены, при наличии повреждений они активируются, и, вероятно, происходит компенсация повреждений за счет ускорения процесса метаболизма.

Если же принять, что выживаемость снижается именно из-за действия СВЧ на ДНК, то отрицательный результат с диким штаммом может объясняться двумя факторами: во-первых, авторы либо обошли резонансную частоту, либо ее не достигли. Во-вторых, кольцевая ДНК кишечной палочки сверхспирализуется (суперспирализуется), что характерно для кольцевых ДНК. Перед репликацией ДНК клетка разворачивает сверхспираль, в том числе для того, чтобы «проверить» целостность макромолекулы, налипло ли на ней что-либо ненужное и т.п. Если ДНК повреждена, клетка «откладывает»

деление и залечивает ДНК. Если же начинает действовать ЭМП СВЧ, ДНК начинает сворачиваться обратно в сверхспираль. Таким образом, СВЧ препятствует разведению сверхспирали, репликация задерживается, и клетка откладывает деление до лучших времен. Откладывать деление бесконечно невозможно, потому клетка погибает после некоторого характерного времени, превышающего время деления. Следовательно, нужно: а) увеличить время экспозиции, б) найти резонансную частоту. Каким образом ее вычислить?

Для того чтобы длинная цепь ДНК могла поместиться в ядре клетки, она упаковывается в хроматин. Первые три уровня упаковки: накручивание ДНК на нукleosомы с образованием нукleosомной нити диаметром 10 нм, компактизация нукleosомной нити с образованием фибриллы и сворачивание последней в петли длиной 50-200 тысяч пар нуклеотидов (п.н.).

Длина цепи ДНК при укладке в нукleosомы сокращается в 6-7 раз. Нукleosомная нить складывается в 30-нм фибриллу (соленоид или зигзагообразную нить), длина ДНК уменьшается еще в 40 раз. Фибрилла организуется в большие (50 и более тысяч п.н.) петли, концы которых закрепляются на белковом скелете ядра (ядерном матриксе), длина ДНК уменьшается еще в 700 раз [6].

Далее следует один из последних уровней компактификации - уровень хромонемы толщиной 0,1-0,3 мкм [7]. В результате дальнейшей упаковки диаметр хроматиды достигает ко времени метафазы 700 нм.

Кроме того, если хромосом много, они плотно прилегают друг к другу, имеет место перемешивание хромосомного материала. Вдобавок некоторые участки молекулы ДНК находятся далеко за пределами хромосомной территории [8].

Картина меняется при делении клетки. Перед митозом хромосомная ДНК уменьшается в  $10^5$  раз по сравнению с линейной длиной ДНК. Расчётное уменьшение размера между хромосомой в интерфазе и хромосомой в митозе составляет всего примерно 2 раза у дрожжей и 4-50 раз у человека.

В метафазе самая большая хромосома человека хромосома-1 имеет длину около 7-8 мкм и 10 мкм в профазе митоза [9; 10].

Таким образом, если говорить о спирали ДНК, то какую именно спираль можно выбирать для оценочных расчетов: первичную, вторичную или третичную? Сверх того – у самих хромосом спиральное строение. Какая из спиралей будет реагировать на электромагнитное поле? И в какой момент интерфазы или митоза? И можно ли вообще для расчетов полагать цепь ДНК единой?

Нас интересует S-фаза, поскольку цель – воспрепятствовать репликации ДНК. Именно в этот период ДНК максимально доступна и максимально уязвима, а ее функция

максимально важна для деления клетки. Если ДНК не будет реплицирована во время раскручивания, клетка неминуемо погибнет.

В S-фазе одна нить ДНК начинает разворачиваться вокруг другой со скоростью 140 оборотов в секунду. Во время этого к каждой нити подтаскиваются основания ДНК, они нарастают на каждой нити со скоростью 500 оснований в секунду.

Процесс разрезания-сшивания спиралей ДНК ферментами носит столь частый и кратковременный характер, что сохраняются усредненные по времени упругие свойства спиралей ДНК.

Частота раскручивания 140 оборотов в секунду много меньше собственной частоты крутильных колебаний спирали ДНК, соответственно, много меньше частоты воздействия на ДНК. Таким образом, ВЧ-поле успевает воспрепятствовать репликации в самом начале укладки нуклеотидов на лидирующей цепи и фрагментах Оказаки.

ДНК *E. coli* – кольцевая, размножение происходит путем амитоza, морфологически сохраняется интерфазное состояние ядра, веретено деления не образуется, спирализации хроматина не происходит. Репликация ДНК предшествует делению и начинается в точке прикрепления кольцевой хромосомы к цитоплазматической мембране. При репликации кольцо ДНК разрывается, затем ДНК-лигаза сшивает новые кольца.

## **Цель**

Целью настоящей работы было найти аналитически собственную частоту крутильных колебаний ДНК и доказать экспериментально на примере *E. coli*, что воздействие данной частоты на ДНК губительно для клетки, что можно использовать при лечении злокачественных новообразований.

## **Методика выполнения работы**

В свете вышесказанного очевидно, что элементарный расчет момента инерции молекулы ДНК относительно оси, проходящей по ее длине, исходя из координат атомов, даст ложный результат. Для упрощения системы предлагается ввести некую эффективную длину и рассчитать собственную частоту крутильных колебаний ДНК как упругого стержня. То, что ДНК при скручивании ведет себя именно как стержень, показано в [11; 12].

Очевидно, что воздействие СВЧ ЭМП на диполи цепи ДНК, ввиду ее длины, имеет классический характер. Поэтому вместо уравнения Шредингера, чтобы получить выражение для собственной частоты, можно использовать лагранжев формализм [13]. Уравнения Лагранжа имеют вид:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где  $L$  – функция Лагранжа системы с  $n$  степенями свободы, определяемая через кинетическую энергию  $T$  и потенциальную энергию  $U$  следующим образом:

$$L(q, \dot{q}) = T(q, \dot{q}) - U(q). \quad (2)$$

Здесь  $q, \dot{q}$  – векторы обобщенных координат и обобщенных скоростей соответственно.

Рассмотрим стержень с двумя дисками на концах. Такая модель соответствует закручиванию спирали ДНК. Обозначим жёсткость стержня на кручение через  $G$ ; моменты инерции дисков относительно продольной оси системы – через  $J_1$  и  $J_2$ . В качестве обобщённых координат принимаем углы поворотов дисков  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  относительно некоторого начального положения, в котором стержень не закручен. Функция Лагранжа (2) для рассматриваемой модели примет вид

$$L = \frac{J_1 \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{J_2 \dot{\varphi}_2^2}{2} - \frac{G \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)^2}{2}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1), получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\varphi}_1 - G \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) &= 0, \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 + G \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Решение системы (4) ищется в виде

$$\varphi_j = A_j \cdot e^{i\omega t}, \quad j = 1, 2. \quad (5)$$

Подстановка (5) в уравнения (4) приводит к однородной системе алгебраических уравнений для определения коэффициентов  $A_j$ , которая имеет решения только при определенных значениях частоты  $\omega$ . Последняя должна определяться из условия

$$J_1 J_2 \omega^4 - (J_1 G + J_2 G) \omega^2 = 0. \quad (6)$$

Биквадратное уравнение (6) имеет решения:

$$\omega_1 = 0, \quad \omega_2 = \sqrt{G \frac{J_1 + J_2}{J_1 J_2}}. \quad (7)$$

Нулевая частота в силу вырожденности системы соответствует решению, которое описывает равномерное вращение всей системы как жёсткого целого (без закручивания стержня).

Второе значение частоты в (7) и есть искомая собственная частота. Предполагая молекулу симметричной, т.е. полагая  $J_1 = J_2 = J$ , окончательно получим для линейной частоты

$f = \frac{\omega}{2\pi}$  выражение, аналогичное выражению для частоты крутильных колебаний

пружинного маятника

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2G}{J}}, \quad (8)$$

где  $J$  - момент инерции спирали ДНК относительно оси, проходящей через центры ее витков. Из формулы (8) следует чрезвычайно важный для последующих рассуждений вывод. Дело в том, что величина  $J$  пропорциональна длине молекулы, т.е. пропорциональна числу пар нуклеотидов  $N$ . Таким образом, резонансная частота ЭМП должна быть обратно пропорциональна корню квадратному из  $N$ :

$$f \sim \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (9)$$

Или

$$f = k \cdot N^{-1/2} \quad (10)$$

где коэффициент  $k$ , через который можно найти коэффициент жесткости ДНК для крутильных колебаний, определяется эмпирически. Это общая формула для частоты крутильных колебаний любых ДНК.

В [14] был проведен анализ графиков, полученных в [4], который позволил установить следующее: на временах экспозиции до 60 мин. изменение выживаемости незначительно для всех частот. Однако при временах от 90 до 150 мин. максимальная ингибирующая эффективность облучающего воздействия (минимум выживаемости) достигается при частоте 10,14 ГГц, при дальнейшем увеличении частоты наблюдается рост выживаемости.

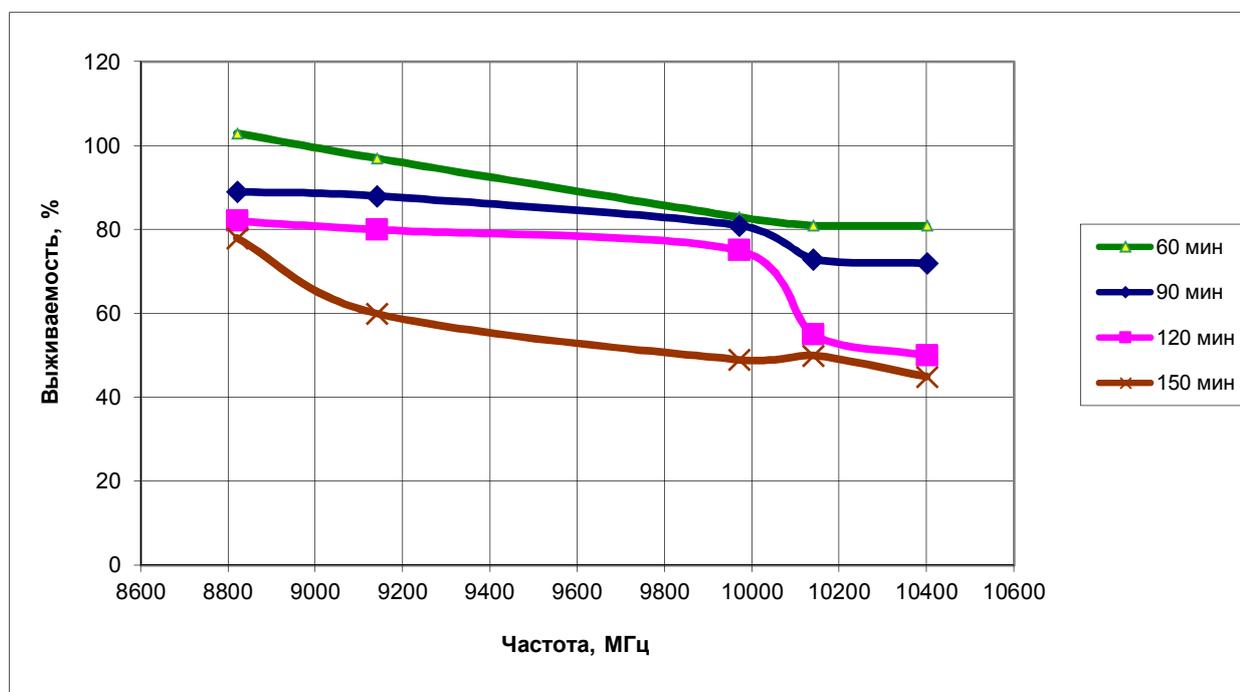


Рис. 2. Зависимость выживаемости *E. coli hcr' exr'* от частоты ЭМП при различных временах экспозиции

Этот факт и указывает на резонансный характер действия СВЧ.

По формуле (10) можно оценить значения резонансных частот молекул ДНК человека, если известна величина коэффициента  $k$ . Для штамма, исследованного в [4], число пар нуклеотидов примерно 4,6 млн, а экспериментально установленная резонансная частота равна 10,14 ГГц. Подставляя эти числа в формулу (10), находим значение эмпирического коэффициента  $k$ :

$$k = 10,14 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{4,6 \cdot 10^6} = 21,75 \cdot 10^{12} \text{ Гц} . \quad (11)$$

Оценочные значения некоторых молекул ДНК человека приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип хромосомы	$2 N_h$	Оценка резонансной частоты ДНК, ГГц
Y-хромосома	59 373 566	4,00
X-хромосома	155 270 560	2,46
1-я хромосома	249 250 621	1,91
6-я хромосома	171 115 246	2,37

Для проверки работоспособности предложенного метода облучению ЭМП СВЧ был подвергнут штамм *E. coli* ATCC 25922 (Приложение 1), количество пар нуклеотидов в котором больше, чем в штамме *E. coli* hcr' exr'.

В ДНК ATCC 25992 содержится 5 130 767 пар нуклеотидов, следовательно, в соответствии с (10), (11) резонансная частота ДНК для штамма ATCC 25992 должна составлять 9,6 ГГц.

В качестве источника ЭМП СВЧ был использован генератор Г4-156 на диоде Ганна, обеспечивающий генерацию плоскопараллельных волн. Плотность потока мощности – нетепловая, не выше 2,5 мВт/см<sup>2</sup> с потерями не более 20%. Время экспозиции – 180 мин. Пробирки изолировались черной бумагой с отсутствием тяжелых металлов в черной краске, чтобы не экранировать СВЧ ЭМП. Температура окружающей среды контролировалась термометром и изменялась при проведении каждого опыта не более чем на 0,5 °С. В разные дни проведения экспериментов температура составляла от 19 до 24 °С. При обработке данных изменения температуры не учитывались.

### Результаты

Результаты трех серий экспериментов изложены в [15]. Проведение дополнительных экспериментов позволило получить следующие уточненные данные (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Зависимость выживаемости штамма *E. coli* 25922 ATCC от частоты воздействующего излучения**

Частота, ГГц	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0
КОЕ/1 мл, от начального числа, %	42,5 ± 54,7	60,0 ± 74,4	22,5 ± 31,8	70,5 ± 95,3	110,5 ± 82,6

Таблица 3

**Зависимость выживаемости штамма *E. coli* 25922 ATCC от дневного света и СВЧ**

Частота, ГГц	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0
КОЕ/1 мл, от начального числа, %	72,0 ± 12,7	187 ± 236	76,5 ± 6,4	170 ± 89	134 ± 45

Отклонения от математических ожиданий получены стандартным образом, гауссово распределение данных содержится в рассчитанных интервалах с вероятностью  $P = 0,95$ .

Видим, что на расчетной частоте 9,6 ГГц наблюдается резкое снижение выживаемости, значительно превышающее 50%, достигнутых в [4]. При экспозиции 120 мин. на той же частоте снижение выживаемости не наблюдалось.

Также был получен побочный результат – резкое увеличение числа микроорганизмов под воздействием дневного света в сравнении с культурами в защищенных от света пробирках. В [16; 17] получено лишь незначительное повышение выживаемости при красном свете и отсутствие изменений при воздействии зеленого света. Авторы объясняют эффект повышения выживаемости тем, что при поглощении красного света молекулами супероксиддисмутазы может происходить изменение их активности. При облучении прокариотических клеток, а именно бактерий *E. coli* M17, фотоакцепторами могут служить терминальные ферменты дыхательных цепей. В работе же [5] получено, что красный и синий свет снижают выживаемость *E. coli*.

### Обсуждение

1. Возникает вопрос, почему падение выживаемости при резонансе происходит до 20%, а не до нуля. Он разрешается элементарно – имеет место ориентационный эффект. Во-вторых, рассчитанное значение резонансной частоты 9,6 ГГц является приближенным. Более точный расчет возможен при точном знании количества пар нуклеотидов в исходных штаммах в [4], а также с учетом того, что в [4] только приблизились к резонансу. Точный расчет резонансной частоты, скорее всего, невозможен, и ее значение должно быть определено эмпирически.

2. Воздействие СВЧ на живые организмы изучено многократно (см., например, [18]). Изучен экологический аспект. Резонансное поглощение ЭМП миллиметрового диапазона обнаружено в [19] на колициногенном штамме *E. coli* C600 (Ej) и чувствительном к его колицину штамме *E. coli* K12S. Получены сразу три последовательных, примерно равно

отстоящих пика. При облучении волнами 5,8; 6,5 и 7,1 мм количество синтезировавших колицин клеток возросло в среднем на 300%. Между тем близкие к этим длины волн — 6,15 и 6,57 мм — не оказывали такого действия. Полученные результаты повторялись с большой регулярностью. Колициногенный фактор — внехромосомный генетический элемент. Функциональная активность этого элемента обычно репрессирована. Депрессия кол-фактора под воздействием СВЧ приводит к синтезу особого белкового вещества, колицина, клетка при этом погибает.

В [20] исследовались СВЧ-моды молекул ферментов, возникающие в связи с упругими деформациями. По теоретической оценке частота колебаний для молекул фермента лизоцима составляет 10–50 ГГц. В экспериментах по воздействию СВЧ-полей на раствор фермента лизоцима и его субстрата обнаружен резонансный эффект (изменение скорости фермент-субстратной реакции) как раз на частоте 10 ГГц.

Наконец, вращательно-колебательные спектры некоторых молекул лежат в сантиметровом диапазоне.

Можно ли в такой ситуации быть уверенными, что обнаруженный эффект связан именно с ДНК? Пока единственным основанием для такого утверждения является совпадение расчетной частоты, сделанной по длинам ДНК, с частотой резонанса, полученного при облучении СВЧ именно той *E. coli*, по длине ДНК которой сделан расчет.

3. Может возникнуть подозрение, коль скоро эффект имеет классический характер, то в ДНК, как в соленоиде, может возникнуть паразитный резонанс, ведь в ДНК — система обобщенных  $\pi$ -связей. Сделаем элементарный расчет. Частота свободных колебаний контура  $f = 1 / T$ , где  $T$  — период колебаний, или  $f = 1/2\pi\sqrt{LC}$ . Индуктивность катушки-соленоида  $L = \mu_0 \mu_r s_e N^2 / l_e$ , где  $\mu_0$  — магнитная постоянная,  $\mu_r$  — относительная магнитная проницаемость материала сердечника (зависит от частоты),  $s_e$  — площадь сечения сердечника,  $l_e$  — длина средней линии сердечника,  $N$  — число витков. Магнитная постоянная  $\mu_0 \approx 10^{-6}$  Гн/м. Поскольку нам нужно оценить лишь порядок величины, можем считать, не пользуясь таблицами, что собственная емкость однослойной катушки в виде ДНК в пФ численно приблизительно равна радиусу «намотки» в см.

Диаметр витка ДНК — 2 нм, паразитная емкость  $10^{-7}$  см, один пикофард равен  $10^{-12}$  фард. Длина ДНК кишечной палочки примерно  $10^{-3}$  м. Длина ДНК человека в среднем  $5 \times 10^{-2}$  м. Площадь витка =  $3,14 \times 10^{-38}$ . Размер шага спирали  $3,4 \times 10^{-9}$  м. Число витков = длина/размер шага. Тогда паразитный резонанс ДНК  $f \sim (0,584... 29,20) \times 10^{24}$  Гц (что существенно превышает частоту гамма-излучения  $10^{19}$  Гц), следовательно, паразитный резонанс ДНК на частотах порядка 10 ГГц отсутствует.

#### 4. Может ли ЭМП СВЧ достигнуть опухоли?

Например, глубина скин-эффект для меди на 1 ГГц - 0,2 мкм. Глубина обратно пропорциональна корню из проводимости. Проводимость воды на 12 порядков ниже проводимости меди. Т.е. толщина скин-слоя на 6 порядков больше. То есть составляет  $10^3$  мм = 1 м. Для морской воды толщина скин-слоя менее 2 см, но соленость морской воды - 35%, а крови - 1%. Кроме того, при частотах порядка 0,1 кГц кровь ведет себя, как проводник, при СВЧ - как диэлектрик [21].

В принципе степени свободы молекулы воды – это инфракрасный диапазон. Однако есть выделенная резонансная частота 2,4 ГГц, резонанс происходит на кластерах. На этом принципе устроена микроволновая печь. Прочие частоты в диапазоне СВЧ вода пропускает.

В медицинской литературе отмечается, что глубина проникновения СВЧ в тело человека - 8-12 см. Но лишь для лечебного разогрева, который резко уменьшает толщину скин-слоя, т.к. делает ткани более проводящими. Нетепловое СВЧ-излучение свободно проходит через тело человека.

5. Известны работы по развитию термодинамики ДНК. Соответственно, есть версия, что, поскольку тепловая энергия молекул воды  $kT = 0,03$  эВ много больше энергии СВЧ-кванта, хаотическое движение молекул воды должно нивелировать действие ЭМП СВЧ. Но, во-первых, сама энергия броуновского движения втрое меньше энергии водородной связи 0,1 эВ, которая связывает молекулы воды. Однако это не мешает броуновскому движению каждый момент времени разбрасывать образующуюся из молекул воды пространственную сетку. Отчего же ЭМП СВЧ не приводит ДНК в колебательное движение?

Более того, вода в клетке из-за наличия полимеров находится в более связанном состоянии, нежели в объеме чистой воды. Следовательно, резко снижена средняя длина свободного пробега, и в целом снижено воздействие  $kT$  на ДНК.

Во-вторых, внутри спирали ДНК входит не более 5-7 молекул воды на каждом ее диаметре. Сама же ДНК уложена в хромосому. Говорить в таких условиях о наличии термостата, о возможности введения температуры для ДНК, невозможно. Что естественно: длина ДНК выходит за пределы планковских размеров, нет фоонов, набора состояний и т.д. (Следовательно, в частности, активность ДНК и репликация ДНК – существенно нанотехнологические процессы.) Следовательно, сравнивать энергию кванта СВЧ и  $kT$  бессмысленно.

В-третьих, речь идет не о кванте СВЧ, а о классическом воздействии ЭМП СВЧ, которое описывается вектором Умова-Пойнтинга.

#### **Заключение**

1. В данной работе подтверждены результаты, полученные в [4] (снижение

выживаемости *E. coli* под действием СВЧ), но на другом, не ослабленном путем удаления генов мутантном штамме, а наиболее резистентном.

2. В данной работе выявлена зависимость от частоты, совпадающая с рассчитанной в [14] зависимостью из [4].

3. Получено, что дневной свет резко повышает выживаемость *E. coli*.

4. Предположения, сделанные в [14], о том, что для получения эффекта на более резистентных образцах для преодоления сопротивляемости штамма необходимо увеличить время экспозиции, подтвердились.

5. В данной работе было определено, что воздействие ЭМП СВЧ на *E. coli* имеет резонансный характер.

6. В [14] была выведена формула для определения частоты крутильных колебаний ДНК. Была рассчитана новая резонансная частота для отличного от [4] штамма. Резонанс в наших экспериментах совпал с расчетной частотой, таким образом, была подтверждена наша гипотеза, что резонанс происходит именно на ДНК. Стало очевидно, что эффект имеет классический, а не квантовый характер.

Поскольку была найдена резонансная частота для ДНК с известным числом п.н., то в формуле  $f = kN^{1/2}$  легко определяется коэффициент  $k = 21,75 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ , единый для всех ДНК.

7. Таким образом, в данной работе было доказано, что существует резонансное поглощение СВЧ молекулами ДНК.

8. Гипотеза в [2; 3], утверждающая, что ДНК опухоли можно уничтожать с помощью ЭМП СВЧ, если частота будет резонансной с частотой крутильных колебаний ДНК клеток опухоли, подтвердилась. Резкое снижение выживаемости на резонансной частоте наблюдалось даже при воздействии дневного света, который вне резонанса увеличивает выживаемость.

### **Выводы**

Существующие физиотерапевтические методы лечения злокачественных новообразований, ультразвуковое воздействие, лазерное облучение, рентгеновское облучение, радиационное облучение, КВЧ-терапия, имеют ряд серьезных ограничений. Например, недостижимость глубоко под кожным покровом лежащих новообразований или разрушающее действие излучений на здоровые клетки. На основе результатов данной работы может быть выработан метод нетепловой резонансной СВЧ-терапии, лишенный указанных недостатков.

*Авторы благодарят профессора Пермского медицинского университета, д.м.н. Ю. Н. Маслова за помощь в работе, а также д.м.н., профессора А.А. Косых (онкология), д.м.н. А.В.*

*Бражкина (микробиология), д.ф.-м.н., профессора В.Ф. Панова (теоретическая физика) и д.т.н. Г.А. Цветкова (экспериментальная физика), давших положительные отзывы о работе.*

### Список литературы

1. Аншелевич В.В., Вологодский А.В., Лукашин А.В., Франк-Каменецкий М.Д. Определение амплитуды флуктуаций двойной спирали ДНК. - 1979. Цит. по: Франк-Каменецкий М.Д. Самая главная молекула. - М. : Наука, Глав. ред. физ.- мат. лит., 1983. - С. 140.
2. Ихлов Б.Л. Прерывание митоза опухолевых клеток на стадии репликации ДНК // Лекарство от смерти : сб. – 2012. - С. 73-90.
3. Ихлов Б.Л., Евсеев А.В., Мельниченко А.В., Ощепков А.Ю. Метод прерывания митоза опухолевых клеток в конечной стадии интерфазы // Проблемы развития высоких технологий. - СПб., 2015. - С. 48-55.
4. Козьмин Г.В., Егорова В.И. Устойчивость биоценозов в условиях изменяющихся электромагнитных свойств биосферы // Биомед. технологии и радиоэлектроника. – 2006. - №3. - С. 61-72.
5. Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности // Вестник РАЕН. – 2011. - № 4. - С. 44-49.
6. Getzenberg R.H., Pienta K.J., Ward W.S., Coffey D.S. // Journal of Cellular Biochemistry. - 1991. - V. 47. - P. 289—299.
7. Ченцов Ю.С., Бураков В.В. Хромонема — забытый уровень укладки хроматина в митотических хромосомах // Биологические мембраны. — 2005. — Т. 22, № 3. — С. 178-187.
8. Рубцов Н.Б. Хромосома человека в четырех измерениях // Природа. – 2007. - № 7. - С. 3, 9.
9. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. - 4-е изд., переработанное и дополненное. - М. : ИКЦ «Академкнига», 2004.
10. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. - 2-е изд., переработанное и дополненное. — СПб. : Н-Л, 2010.
11. Traves A.A., Thompson J.M.T. An Introduction of Mechanics of DNA // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. - Vol. 362, No. 1820, The Mechanics of DNA (Jul. 15, 2004), pp. 1265-1279.
12. Strick T., Allemand J.-F., Croquette V., Bensimon D. Twisting and stretching single DNA molecules // Progress in Biophysics & Molecular Biology. – 2000. – 74. - P. 115-140.
13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая механика. – М. : Наука, 1977.

14. Ихлов Б.Л., Мельниченко А.В., Ощепков А.Ю. Оценка собственных частот крутильных колебаний ДНК человека // Материалы Международной научно-практической конференции «Новая наука: современное состояние и пути развития». - Стерлитамак, 2016. - Ч. III. - С. 3-11.
15. Ихлов Б.Л., Ощепков А.Ю., Мельниченко А.В., Вольхин И.Л., Новикова В.В., Чиркова Л.А. О влиянии электромагнитного поля высокой частоты на *E. coli* // Современные проблемы науки и образования. - 2016. - № 5. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25259>.
16. Монич В.А., Малиновская С.Л., Махрова Т.В., Малиновский Д.С. Особенности воздействия низкоинтенсивных электромагнитных излучений различных диапазонов на микроорганизмы // Вестник Нижегородского ун-та. – 2010. - № 2. - С. 435-438.
17. Малиновская С.Л., Монич В.А., Пятова Е.Д., Лютов С.И., Лазукин В.Ф., Малиновский Д.С., Сизов Ю.А. Влияние радиоволн на лизогенные клетки кишечной палочки и бактериофага // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. – 2011. - № 2 (2). - С. 90-93.
18. Шибкова Д.З., Овчинникова А.В. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем // Челябинский государственный педагогический университет. Успехи современного естествознания. – 2015. – № 5 – С. 156-159.
19. Смолянская А.З., Виленская Р.Л. Действие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на функциональную активность некоторых генетических элементов бактериальных клеток // Научная сессия отделения общей физики и астрономии АН СССР, 17-18 января 1973, УФН. – 1973. – 111 (452).
20. Чернавский Д.С., Хургин Ю.И., Шноль С.Э. Об упругих деформациях белка-фермента // Молекул. биол. – 1967. - Т. 1, № 3. - С. 419-425, 51.
21. Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами : учебное пособие. - Электрическая проводимость крови. – URL: [http://electrobezopasnost1.narod.ru/electrotravmi/vozdeystvie\\_elektricheskogo\\_toka\\_na\\_cheloveka/elektricheskaya\\_provodimost\\_krovi.html](http://electrobezopasnost1.narod.ru/electrotravmi/vozdeystvie_elektricheskogo_toka_na_cheloveka/elektricheskaya_provodimost_krovi.html).