

инструментом этого, являются наблюдения в динамике.

Учёные УрО РАН, на базе многолетних исследований считают приоритетным подходом использование местных видов трав заполярных совхозов. В этих целях работниками ИБ КНЦ УрО РАН разработан «Регламент по агротехнике семеноводства» и «Проект семеноводческого хозяйства с учетом особенностей северного региона». В работах Зольниковой Н.В., Яковлева В.И. и др. из Санкт-Петербургского технического университета и Бедриной Л.Ю., Зверевой Т.С., Рохинсон Э.Е. из Санкт-Петербургского Агрофизического НИИ РАСХН предложено введение в загрязненную почву микроорганизмов-алканотрофов, что способно обеспечить интенсивное разрушение углеводов и восстановление среды. Апробация действия микроорганизмов-алканотрофов, окисляющих нефть в почве в полевых условиях Северо-запада России, дала положительные результаты. Подобраны эффективные культуры микроорганизмов. Добавка в почву биоорганического удобрения БАМИЛ совместно с культурами нефтеокисляющих микроорганизмов способствовала стабилизации их жизнедеятельности. В работах Киреевой Н.А., Тарасенко Е.М. (БГУ, Уфа) и Снеговой Е.С., Ждановой Е.В. (БашНиПи-Нефть), говорится, что при разработке экологически и экономически обоснованных способов борьбы с загрязнением почвы нефтью и нефтепродуктами, наиболее перспективными являются биологические методы, основанные на способности микроорганизмов использовать углеводороды нефти в качестве единственного источника питания. При этом отмечено, что существует два пути для активизации деятельности углеводородокисляющих микроорганизмов: активизация аборигенной микрофлоры с дест-

руктивной активностью и инокуляция микроорганизмов-деструкторов. Для успешного применения данного метода необходимо создать эффективные препараты микроорганизмов-алканотрофов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям и разработать биоорганические присадки, стабилизирующие жизнедеятельность микроорганизмов-нефтедеструкторов в загрязненной почве. Таким образом, представленный краткий обзор выполнения технического и биологического этапов восстановления нарушенных при бурении скважин земель в северных условиях является актуальным и требует дальнейших научно-практических исследований.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭМИ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА ВОДНЫЕ СРЕДЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

**А.Ф. Кожокару**

*Институт биофизики клетки РАН  
Пушино, Московская область, Россия*

### 1. Наличие «памяти» воды при действии низкоинтенсивного радиочастотного ЭМИ

Показано, что добавление воды различной степени очистки, облученной низкоинтенсивным нетепловым радиочастотным ЭМИ (КВЧ ЭМИ 42,25 ГГц, ППМ 2 мВт/см<sup>2</sup> и СВЧ ЭМИ 2-8 ГГц, ППМ 5 и 25 мкВт/см<sup>2</sup>) через 30 минут после ее облучения к увлажненным семенам пшеницы стимулировало прорастание семян на 5-22%, увеличивало вес семян и проростков на 5-19%, длину стебля - на 130-180% и корней - на 50-100% в течение 5-7 суток наблюдения [1]. Облученная ЭМИ вода в течение 30 минут после облучения сохраняла также способность

увеличивать проницаемость семян для воды, усиливая набухание и связывание их клеточных структур с водой, что увеличивало степень гидратации и функциональную активность белков и ДНК, степень и скорость прорастания семян. Биологическая активность облученной воды различной степени очистки проявлялась в увеличении подщелачивания среды прорастания семян, максимально на 0,6-0,7 ед. рН при добавлении воды через 0,5-10 минут после ее облучения. Подщелачивание среды происходило за счет увеличения откачки протонов из среды в клеточный матрикс, могло ускорять синтез АТФ и, таким образом, стимулировать прорастание семян. Эффективность воздействия ЭМИ уменьшалась при увеличении времени между облучением воды и ее добавлением к семенам. Наличие примесей увеличивало эффективность воздействия воды, облученной КВЧ ЭМИ, этот факт можно объяснить тем, что ЭМИ может не только способствовать разрушению кластерной структуры воды, но и освобождать молекулы газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) и частицы примесей от адсорбционной «шубы», увеличивая их каталитическую активность. Полученные данные свидетельствуют о возможности опосредованного действия низкоинтенсивного радиочастотного ЭМИ через воду, о наличии «памяти» воды. Это явление на молекулярном уровне мы объясняем сохраняющимися во времени изменениями физико-химических свойств и кластерно-надмолекулярной структуры воды, ее диссоциацией, а также образованием в относительно низких концентрациях перекиси водорода и активных форм кислорода, контролирующихся при определенных условиях митоз и апоптоз. Эти изменения могут активировать биологические процессы за счет изменения конформации ферментов, передачи осцилляций

воды биологическим молекулам. Прямое действие ЭМИ на прорастание семян в воде было немного выше, чем опосредованное через воду, следовательно, вода является основным акцептором ЭМИ [1]. Из результатов, полученных на модельных мембранах с модификатором из класса биофлавоноидов, делается вывод о том, что неспецифическое прямое действие ЭМИ на биологические объекты связано с резонансным воздействием на слабые водородные связи дипольных молекул воды, с усилением конвекции растворов и ускорением транспорта протонов через клеточные мембраны. Наши результаты подтверждают данные об активации  $Ca^{2+}$ -активируемых  $K^+$ -каналов культуральных клеток почек в течение 10-20 минут после облучения среды КВЧ ЭМИ [2]. Гомеопатические растворы и талая вода длительное время остаются биологически активными. Таким образом, вода может получать, хранить и передавать физические, химические и биологические эффекты внешних и внутренних факторов биологическим структурам, то есть обладать «памятью». Она является матрицей информации обо всех аспектах развития биоты Земли, жизнедеятельность которой основана на водном цикле.

## **2. Действие ЭМИ высокой интенсивности на воду**

Нами были получены данные [3] об окислительном стрессе и вторичных биогенных излучениях как механизме воздействия на воду  $\gamma$ -облучения и ЭМИ высокой интенсивности.  $\gamma$ -облучение проводили радиоизотопом  $^{60}Co$  на установке ГУБЭ в дозах 10-15 Гр, ЭМИ - генератором «Луч 3» с ППМ 1-13 Вт/см<sup>2</sup>. Облучение воды ЭМИ в течение 1,5-2 часов сопровождалось повышением температуры до 35<sup>0</sup>С, а добавление ее к сухим семенам приводило к ингибированию роста и существенному выходу

из семян белков, ферментов и метаболитов. Эффект  $\gamma$ -облучения и ЭМИ может быть обусловлен существенным разрушением кластерной структуры воды и образованием в облученной воде стабильных продуктов радиолиза воды – перекисей и гидроперекисей. Опыты на семенах пшеницы с различными концентрациями  $H_2O_2$  (1 и 100 мкМ) подтвердили наше предположение.

### **3. Механизмы действия модулированных ЭМИ низкой интенсивности и световых импульсов на скорость прорастания семян**

Исследовано действие импульсной фотостимуляции (ФС) и низкоинтенсивного ЭМИ (5-10 мкВт/см<sup>2</sup>), модифицированных частотой 6 и 20 Гц, на воду, сухие семена, семена в воде, на проростки пшеницы и кукурузы [4]. Было показано, что облучение ЭМИ или ФС с частотой модуляции 6 Гц в течение 10 мин в осенне-зимний период оказывало стимулирующее воздействие, а 20 Гц - угнетающее. Летом (в июне-июле месяце) в связи с высокой активностью растительного материала в опыте наблюдали обратный эффект, весной эти закономерности были не так четко выражены. Эти частоты по-разному влияют на мембранный потенциал растительной клетки, на  $H^+$ -АТФ-азу, pH цитоплазмы, активность ключевых ферментов (сукцинатдегидрогеназы, аспаратаминотрансферазы), транспорт ионов  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$ , энергию прорастания семян и накопление биомассы проростков.

### **4. Действие электрохимически активированных воды и растворов электролитов на скорость прорастания семян**

Обнаружено [5], что католит и анолит электрохимически активированной (ЭХА) воды и католит ЭХА водных растворов электролитов (1-3,5 г/л NaCl, KCl) стимулируют прораста-

ние семян различных видов. Анолит ЭХА водных растворов электролитов подавлял прорастание семян, что связано с образованием молекулярного хлора и образующимся из него хлорноватистой кислоты и гипохлорит ионов. Обнаружена корреляция между величинами параметров ЭХА воды (но не электролитов) и величинами физиологических показателей в опыте по проращиванию различных семян: скоростью и энергией прорастания, весом, длиной проростков и корневой системы. Биологическая активность ЭХА воды и водных растворов электролитов сохранялась в течение более длительного времени (трех суток и более) по сравнению с низкоинтенсивным ЭМИ в связи с возможностью более длительного сохранения измененной пространственной структуры воды, величин редокс-потенциала, pH раствора, а также состава и концентрации радикалов, ионов и молекул, образующихся при активации. Терапевтическое действие катодной воды обусловлено сильными антиоксидантными свойствами воды, влияние анодной воды – окислительными.

### **5. Действие низкоинтенсивного ЭМИ на активность MAO-A гипоталамуса мозга**

Нами была выявлена зависимость активности фермента моноаминоксидазы типа А (MAO-A) от частоты модуляции ЭМИ, а также возможность регуляции активности этого фермента адренергической системой мозга, имеющие значение для повышения индивидуальной устойчивости организма в экстремальных условиях [6]. MAO является ферментом, ответственным за регуляцию уровня нескольких нейромедиаторов – катехоламинов (дофамина, норадреналина, адреналина) и серотонина. MAO играет в клетке защитную роль, окисляя катехоламины по пути, отличному от их сво-

бодного окисления с образованием токсичных для клетки хинонов, семихинонов, свободных радикалов. Мембранная локализация фермента на внутренней стороне наружной мембраны митохондрий определяет его высокую чувствительность к различным изменениям внешней и внутренней среды организма, в том числе слабых ЭМИ, использованных нами.

Животных (крысы линии «Wistar» вивария ИБК РАН весом 120 - 150 г) в течение 10 минут подвергали воздействию ЭМИ с интенсивностью  $10 \text{ мкВт/см}^2$  и несущей частотой 915 МГц, модулированных импульсами с частотой от 2 до 20 Гц. Результаты опытов показали, что наибольшее воздействие на активность MAO-A оказали ЭМИ с частотой модуляции 4, 6 и 12 Гц, увеличивая активность от  $0,65 \pm 0,03$  в контроле до  $0,93 \pm 0,13$  (на 45%),  $1,04 \pm 0,13$  и  $0,97 \pm 0,07$  (на 60%) относительных единиц в опыте, соответственно. Воздействие ЭМИ с частотой модуляции 16 и 20 Гц сопровождалось понижением функциональной активности MAO-A мозга до  $0,56 \pm 0,02$  (во всех опытах  $p < 0,01$ ). При исследованных частотах модуляции 4, 6 и 12 Гц наблюдалось эмоционально-положительное состояние животных, способствующее нормальному протеканию реакций интегративной деятельности мозга, что может регулировать стрессовые ситуации. При модуляции 16, 20 Гц наблюдалось, наоборот, агрессивность, эмоционально негативное состояние животных, способствующее снижению двигательной активности, ослаблению внимания и памяти, что соответствует стрессовому состоянию организма. Коррелятивное соотношение активности MAO-A и эмоциональной активности мозга обусловлено изменением уровня медиаторов серотонина, дофамина, регуляцией норадренергической и ГАМК-ергической сис-

темы. Выявлен нелинейный характер действия ЭМИ, связанный с частотными «окнами» модуляции, на функциональные реакции животных и активность MAO в гипоталамусе мозга.

#### **6. Модификация радиационного поражения низкоинтенсивным ЭМИ радиочастотного диапазона и продление жизни млекопитающих**

На основании результатов наших экспериментальных данных было показано [7] радиопрофилактическое и радиотерапевтическое действие низкоинтенсивного ( $5 \pm 1,5 \text{ мкВт/см}^2$ ) длительного (до 23 час.) радиочастотного СВЧ ЭМИ сантиметрового диапазона волн в интервале 2-8, 8-18 и 19-27 ГГц, примененного в режиме качания с частотой 12-14 Гц до или после  $\gamma$ -облучения мышей в летальных (7,2 Гр и 8,0 Гр) и сублетальных (5,0 Гр и 6,0 Гр) дозах. Эффект ЭМИ проявлялся в увеличении продолжительности жизни лабораторных животных на 2-7 суток к концу месячного срока наблюдения. Увеличение выживаемости на 20% наблюдалось в большинстве опытов по профилактическому применению излучения 2-8 ГГц при защите животных от сублетальных доз и в отдельных экспериментах при защите от летальных доз  $\gamma$ -облучения. Терапевтическое применение ЭМИ при сублетальных дозах  $\gamma$ -облучения увеличивало выживаемость мышей на 35-55%, а при летальных дозах - на 20%, и лишь при воздействии частот ЭМИ 8-18 ГГц, но не 2-8 и 19-27 ГГц. Облучение ЭМИ с частотой 8-18 и 9-27 ГГц отодвигало время гибели животных по-разному, и выживаемость животных в опыте и контроле могла отличаться более чем на 20%, как, например, на 73% на 7-ые сутки наблюдения, когда имеет место костно-мозговой синдром. Исходя из наших данных по стимулирующему действию СВЧ ЭМИ на

эмоциональные реакции мышей и активность фермента MAO-A [6], участвующего в регуляции уровня медиаторов проведения нервного импульса, радиозащитный эффект такого излучения мы объясняем улучшением интегративных способностей и энергетического обеспечения мозга. увеличению эффекта воздействия низкоинтенсивного СВЧ ЭМИ. Увеличение эффекта воздействия СВЧ ЭМИ может объясняться резонансом примененных низких частот модуляции и резонансных частот колебаний физиологических систем, в частности, кровеносной, сердечно-сосудистой, нервной, а также частотой ритмов ЭЭГ мозга, связанного с мыслительной деятельностью человека, в частности  $\alpha$ -ритма при 12 Гц. На основании динамики гибели мышей и литературных данных радиозащитное действие ЭМИ мы связываем уменьшением проявления костно-мозгового синдрома, с повышением адаптивного ответа, с антимуtagenным и иммуностимулирующим действием, с репопуляцией поврежденных клеток за счет пролиферации стволовых, снижением в тканях радиотоксинов, окислительного стресса и активных форм кислорода.

#### **7. Низкоинтенсивная СВЧ ЭМИ-терапия при онкозаболевании**

Были проведены исследования влияния длительного низкоинтенсивного воздействия ЭМИ сантиметрового диапазона на подкожно привитую аденокарциному Эрлиха (АКЭ) [8]. Через неделю после прививки мышам аденокарциномы животных подвергали трем 3-х суточным сеансам (проводили один сеанс облучения в неделю) низкоинтенсивной ( $5 \text{ мкВт/см}^2$ ) СВЧ ЭМИ-терапии одновременно от двух генераторов качающейся частоты в диапазоне 2-8 ГГц (генератор Я2Р-75) и 8-18 ГГц (генератор Я2Р-76), генераторы работали в

несогласованном режиме качания несущих в указанных диапазонах с частотой 12-14 Гц. Облучение приводило к увеличению выживаемости мышей на 30%, их средней продолжительности жизни - в 2 раза и полному исчезновению опухоли к концу месячного периода наблюдения. На более старых мышах эффект СВЧ ЭМИ был меньшим даже при меньшей дозе заражения клетками АКЭ. Во всех опытах отсутствовали случаи рецидива опухоли, замедлялся рост опухоли. Каждый сеанс терапии показывал свою эффективность, после 4-го сеанса выживали все мыши до конца срока наблюдения (в контроле 80% гибель).

На основании наших [9,10] и литературных данных, противоопухолевый эффект низкоинтенсивного СВЧ ЭМИ может быть объяснен неспецифической адаптационной реакцией организма, выражающейся в экспрессии стрессовых белков теплового шока и гипофизарно-надпочечниковой системы, изменении обмена липидов, а также действием через резонансно-полевой эффект на потенциал биологически активных точек (БАТ) кожи. Из данных, полученных Фесенко Е.Е., Новоселовой Е.Г. и др. в ИБК РАН, противоопухолевый эффект низкоинтенсивного СВЧ ЭМИ может быть объяснен повышением иммунной реактивности организма за счет стимуляции продукции фактора некроза опухоли, увеличения активности Т- и В-лимфоцитов и всех звеньев иммунной защиты.

Из результатов, представленных в разделах 6 и 7, можно заключить, что СВЧ ЭМИ при очень низкой, нетепловой интенсивности, сравнимой с интенсивностью излучения обычного фона, обладают радиопротекторной и противоопухолевой [7,8] активностью, что предполагает не энергетическую, а информационную, сигнальную природу получаемых

эффектов, дистанционно-временной характер действия ЭМИ изученных нами частот на живой организм. На молекулярном уровне усиление воздействия ЭМИ может происходить за счет резонансного взаимодействия биологических молекул (нейромеланинов, гемоглобина), веществ с неспаренными электронами (парамагнетиков) и биологических структур (мембран, клеток, капилляров) с ЭМИ. Нелинейный радиозащитный терапевтический эффект СВЧ ЭМИ, полученный нами, указывает на его резонансный характер. На основании анализа теоретических и экспериментальных данных свободные радикалы воды и кислорода стали рассматриваться как резонансные реципиенты энергии поля радиоволн. В биологическом организме сеть водородных связей воды рассматривается как единая структура, опосредующая биологические эффекты особо слабых ЭМИ. Резонансные колебания ионов, и отдельных фрагментов квазирешетки воды распространяются в объеме связанной воды и могут передаваться биологическим молекулам, что способствует ускорению биохимических реакций биосистемы. Центральная нервная система участвует в передаче информации ЭМИ миллиметрового и сантиметрового диапазонов слабой интенсивности от рецепторов и БАТ к клеткам, вне и внутриклеточным органеллам, органам и физиологическим системам.

#### Список литературы

1. Кожокару А.Ф., Кожокару Н.Л., Бурковецкая Ж.И. Механизмы прямого и опосредованного действия через воду низкоинтенсивного радиочастотного ЭМИ на мембранные системы и биологические объекты. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. № 8-9. С. 58-68.
2. Fesenko E.E., Geletyuk V.I, Kazachenko V.N., Chemeris N.K. Changes in the state of water, induced by radiofrequency electromagnetic fields. FEBS Letters. 1995. v. 366. № 1. P. 49-52.
3. Кожокару А.Ф., Акоев И.Г., Хашаев З.М. Исследование механизма информационных систем связи потенциальных модификаторов защиты от ЭМИ высоких интенсивностей. Сб. «Информационные сети и технологии». М. 1997. С. 20-23.
4. Кожокару А.Ф., Бурковецкая Ж.И., Мирошников А. И. Действие фотостимуляции, ЭМИ разных частот модуляции, электрохимически активированной воды и водных растворов на скорость прорастания семян. Сб. «Проблемы биологической и экологической безопасности» (рус. и англ. вариант). Оболенск. 2000. С. 413-414.
5. Кожокару А.Ф., Кожокару Н.Л. Механизм действия ЭХА активированных растворов на скорость прорастания семян. Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 12, с. 27-40.
6. Кожокару А.Ф., Акоев И.Г. Отчет Минобороны РФ «Фундук-2». 1999. С. 148-165.
7. Cojocaru A.F., Melnikov V.V., Akoev I.G. Low-intensity microwave therapy and prevention in lethal radiation injury to laboratory mice. Biophysics. 2005. Vol. 50, suppl. 1. P S116-123.
8. Акоев И.Г., Кожокару А.Ф. и др. Влияние длительного низкоинтенсивного воздействия радиочастотного излучения сантиметрового диапазона на подкожно привитую аденокарциному Эрлиха. Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35. № 1. С. 23-28.
9. Кожокару А.Ф. Механизм энергоинформационного воздействия ЭМИ слабой интенсивности. Сб. «Проблемы электромагнитной безопасности человека». М. 1996. С.21-22.

10. Кожокару А.Ф. Исследование механизма действия природных и синтетических фенольных радиопротекторов на мембранах и на целом организме. Сб. «Наука и бизнес: Поиск и использование новых биомолекул: биоразнообразие, окружающая среда, биомедицина» (рус. и англ. вариант). Пушино. 2004. С.91-93.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННОЙ ДИНАМИКИ КИСЛОТНО- ГЕМОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ**

**А.А. Михайлис**

*Ставропольская государственная  
медицинская академия,  
кафедра патофизиологии  
Ставрополь, Россия*

Проблема адаптации живых организмов к непрерывно изменяющимся условиям окружающей их среды, занимает одно из видных мест в числе тех, над которыми работают специалисты медико-биологического профиля. Ключевым звеном в теории адаптации выступает концепция стресса, созданная Г. Селье.

По современным представлениям, стресс (у человека) – это типовой патологический процесс, в основе которого лежит сложившаяся в ходе эволюции стандартная неспецифическая генерализованная приспособительная реакция целостного организма на воздействие сверхсильного раздражителя или его угрозу, представляющая собой результат интегрального взаимодействия комплекса реципрокных психонейроэндокринноиммунных и клеточно-тканевых факторов и механизмов, образующих стресс-реализующую и стресс-лимитирующую системы, представленные многоуровневой и многокомпонентной упорядоченной совокуп-

ностью структур, функционирующих относительно антагонистически в направлении мобилизации и перераспределения энергетических и пластических ресурсов с целью восстановления нарушенного гомеостаза и повышения локальных и общих адаптационных возможностей организма.

Процесс адаптации универсален и, несмотря на многообразие нозологических форм, логично предположить существование общих, принципиальных закономерностей в изменении свойств эритроцитов (ЭЦ) при остром стрессе любого происхождения. В самом деле, в работах В.В. Новицкого, Н.В. Рязанцевой, Е.А. Степовой и др. описаны типовые механизмы изменений молекулярной организации мембран эритроцитов, общие для очень разной патологии (опухоли, сосудистые поражения, воспалительные процессы, дисметаболии и болезни дизрегуляции, инфекции и интоксикации, ожоговая травма и послеоперационный период).

В числе интегральных характеристик, дающих представление о системных сдвигах в организме, может оказаться один из параметров системы эритрона, лежащий в основе гемолитической стойкости его клеток и определяемый методом кислотных эритрограмм (МКЭ). Этот метод был разработан в свое время как способ гематологических исследований для изучения изменений свойств ЭЦ при гемобластозах, анемиях и интоксикациях с поражением системы красной крови. С помощью него оценивали гетерогенность эритроцитарной популяции в зависимости от возраста, поскольку кислотная стойкость ЭЦ способна выступать, помимо всего, и как функция возраста эритроцитарной клетки.

Работы, в которых МКЭ целенаправленно применялся бы для динамической оценки тече-