

А.А. Кокая<sup>1</sup>, М.В. Ведунова<sup>1</sup>, Е.В. Митрошина<sup>1</sup>,  
В.П. Козяков<sup>2</sup>, И.В. Мухина<sup>1</sup>

## Чувствительность нейронов к низкоинтенсивному электромагнитному излучению при токсическом действии гидразинов

<sup>1</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт гигиены профпатологии и экологии человека, Санкт-Петербург

**Резюме.** Представлены данные защитного эффекта электромагнитного излучения гелий-неонового лазера, преобразованного биоструктурами, при токсическом воздействии на первичную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей несимметричного диметилгидразина в дозах, соответствующих 0,5, 5 и 50 предельно допустимых концентраций.

Выявлено, что воздействие несимметричного диметилгидразина на первичную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей в указанных дозах приводит к значительному снижению числа жизнеспособных нейронов в культуре. В контрольной культуре, в сравнении с интактной, относительное число жизнеспособных нейронов при воздействии на неё несимметричным диметилгидразином в дозе 0,5 предельно допустимых концентраций не превышало 54%, в дозе 5 предельно допустимых концентраций – 35%, в дозе 50 предельно допустимых концентраций – 27%. В ответ на токсическое действие несимметричного диметилгидразина метаболические нарушения в нейронах первичной культуры коры головного мозга эмбрионов мышей носили ярко выраженный деструктивный характер при воздействии всех изучаемых доз.

Установлено, что воздействие электромагнитным излучением, преобразованным первичной культурой клеток коры головного мозга эмбрионов мышей, оказывает защитное действие на исходно неустойчивую клеточную культуру той же линии и способствует повышению её резистентности к токсическому действию несимметричного диметилгидразина в дозах от 0,5 до 50 предельно допустимых концентраций. В результате данного воздействия число жизнеспособных нейронов в первичной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей повышается. В ответ на воздействие данного излучения в дозе 0,5 предельно допустимых концентраций число жизнеспособных нейронов в культуре, по отношению к контрольной, увеличилось на 30%, при дозе 5 предельно допустимых концентраций на 36%, при дозе 50 предельно допустимых концентраций на 27%. Метаболические нарушения в клетках диссоциированной культуры коры головного мозга эмбрионов мышей в ответ на воздействие данным излучением при повреждении несимметричным диметилгидразином были обнаружены только при использовании несимметричного диметилгидразина в дозе 50 предельно допустимых концентраций.

**Ключевые слова:** несимметричный диметилгидразин, острая токсичность, электромагнитное излучение, биоструктуры, диссоциированная нейрональная культура, сверхслабые воздействия, резистентность, мозг эмбрионов мышей.

**Введение.** Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – высокотоксичное соединение, обладающее гепатотропным, гемолитическим и нейротропным эффектами, относится к первому классу опасности. Особое значение имеет вызываемое гидразинами нарушение синтеза гамма-аминомасляной кислоты – тормозного медиатора центральной нервной системы (ЦНС). В результате этого при остром отравлении развиваются резкие функциональные нарушения ЦНС, а также тонические и клонические судороги, во время которых часть животных погибает. В основе механизма токсического действия НДМГ лежит нарушение пиридоксалевого обмена с угнетением пиридоксалькиназы, инактивацией 5-окситриптофандекарбоксилазы, задержкой образования серотонина и появлением в моче ксантуреновой кислоты (авитаминоз В<sub>6</sub>). Определенную роль в развитии интоксикации играет расстройство метаболизма глутаминовой, α-кетоглутаровой кислот, триптофана и других кислот.

Все это приводит к угнетению тканевого дыхания в печени, миокарде, головном мозге, замедлению окисления углеводов в тканях, нарушению окисления аминокислот [1]. Исходя из механизмов повреждающего действия НДМГ, в настоящее время единственным из применяемых антидотов является витамин В<sub>6</sub>. Принимая во внимание высокую токсичность данного соединения и ограниченные возможности использования существующего антидота при аварийных ситуациях, возникает необходимость разработки новых способов защиты от повреждающего действия НДМГ. Эти способы должны оказывать надлежащий защитный эффект одновременно по отношению к большому количеству людей в случаях ликвидации последствий аварийной ситуации.

Ранее нами [6] экспериментально на модели острой гипобарической гипоксии у крыс было установлено, что превентивное воздействие электромагнитным излучением (ЭМИ), преобразованным препаратом с

тканью гипоталамо-гипофизарного отдела головного мозга новорожденного крысенка, приводит к формированию устойчивости животных к действию острой гипобарической гипоксии на «смертельной площадке» у исходно неустойчивых животных. В результате данного воздействия достоверно увеличивается время жизни на «высоте». При этом число устойчивых особей к действию гипоксии достигало 80%. В то же время превентивное воздействие электромагнитным излучением, преобразованным препаратом с тканью поджелудочной железы и селезенки обеспечивало устойчивость животных к действию цитотоксического вещества – аллоксана и способствовало 100% их выживаемости [4–7]. Учитывая это, возникло предположение о возможном защитном эффекте ЭМИ гелий-неонового (He-Ne) лазера, преобразованного биоструктурами при токсическом действии НДМГ на нейроны в первичной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей.

**Цель исследования.** Оценить защитный эффект ЭМИ He-Ne лазера, преобразованного биоструктурами, на жизнеспособность и функциональное состояние нейронов в первичной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей при токсическом действии НДМГ.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы культуры клеток коры больших полушарий, полученных от 18-дневных эмбрионов белых беспородных мышей. Основные правила содержания и ухода за экспериментальными животными соответствовали нормативам, данным в Приказе Минздрава России № 267 от 19.06.03 «Об утверждении правил лабораторной практики в Российской Федерации». Диссоциирование клеток достигалось путем ферментативной обработки ткани головного мозга (0,25% трипсином). Клетки ресуспензировали в нейробазальной среде NeurobasalTM (Invitrogen 21103-049) в комплексе с биоактивной добавкой B27 (Invitrogen 17504-044), глутамином (Invitrogen 25030-024), эмбриональной телячьей сывороткой (ПанЭко K055). Среда культивирования Neurobasal™, помимо глюкозы, содержит также пируват. Плотность клеток составила 1200 клеток/мм<sup>2</sup>. Поддержание жизнеспособности культуры осуществлялось в условиях CO<sub>2</sub> инкубатора при температуре 35,5°C и газовой смеси, содержащей 5% CO<sub>2</sub>. Смена культуральной среды на среду с низким содержанием сыворотки осуществлялась через сутки после посадки и далее 1 раз в 3 дня, причём образцы отработанной среды подвергали криоконсервации для дальнейшего анализа.

Для изучения защитных свойств ЭМИ He-Ne лазера, преобразованного биоструктурами, использовали модель острого токсического повреждения клеток первичной культуры коры головного мозга эмбрионов мышей (E18) раствором НДМГ в дозах 1 мг/л (50 предельно допустимых концентраций – ПДК), 100 мкг/л (5 ПДК) и 10 мкг/л (0,5 ПДК). Для токсического воздействия на диссоциированную культуру клеток

коры головного мозга эмбрионов мышей готовили раствор НДМГ из нативного образца путем разведения его до нужной концентрации в культуральной среде и добавляли в клеточную культуру, предварительно помещенную в 12-луночные планшеты (Corning) из расчета 1 мкл в лунку.

С целью защитного действия при токсическом повреждении клеточной культуры НДМГ использовали He-Ne лазер мощностью 2 мВт и длиной волны 632,8 нм, который имеет две совмещенные, ортогональные линейно поляризованные моды излучения, одночастотные в каждой из них. Генерацию ЭМИ проводили по схеме интерферометра «Фабри-Перо», в которой рабочий лазерный луч многократно проходит через диссоциированную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей с небольшим количеством среды для культивирования или выращенную на стекле. Полупрозрачное стекло с выращенной на нем диссоциированной культурой клеток коры головного мозга эмбрионов мышей помещали на предметное стекло и располагали на оптической оси «лазерный луч – препарат». Юстировку стекол с нейрональной культурой проводили таким образом, чтобы обеспечить частичное обратное отражение луча, модулированного диссоциированной культурой клеток коры головного мозга эмбрионов мышей обратно в резонатор лазера. Такой многопроходный режим позволяет препарату выступать в роли оптического коррелятора [8] и влиять на распределение вторичных мод излучения лазера. Оптические сигналы регистрировались и подавались на электронную схему, которая управляет режимом генерации лазера, при этом происходит частотная стабилизация когерентного излучения. Лазер в таком режиме работы генерирует, помимо красного света и ЭМИ, преобразованное культурой нейронов (пЭМИ). Расстояние от зондируемого препарата до активного элемента лазера составляло 11 см.

Общее количество объектов исследования и распределение их по экспериментальным группам представлено в таблице 1.

Интактную диссоциированную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей не подвергали никаким физическим и химическим воздействиям. На контрольную диссоциированную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей воздействовали НДМГ в дозах 1 мг/л (50 ПДК), 100 мкг/л (5 ПДК) и 10 мкг/л (0,5 ПДК), при этом не оказывали никакого защитного воздействия.

На опытную клеточную культуру воздействовали ЭМИ, преобразованным диссоциированной культурой нейронов эмбрионов мышей в течение 2 дней по 30 мин ежедневно. После чего в культуру добавляли НДМГ в концентрациях аналогичных, как и в контрольной культуре, затем через 90 мин после повреждения клеток культуры НДМГ осуществляли воздействие ЭМИ, преобразованным диссоциированной культурой нейронов эмбрионов мышей той же линии. Корректирующие воздействие пЭМИ осуществляли ежедневно в течение 3 дней с экспозицией по 30 мин. Планшеты с

Таблица 1

Общее количество объектов исследования и распределение их по группам

| Экспериментальная модель     | Группа  | Воздействие на культуру клеток НДМГ   | Вид воздействия пЭМИ          | Ткань для преобразования ЭМИ  | Число воздействий пЭМИ |
|------------------------------|---|---|-------------------------------|---|------------------------|
| Токсическое воздействие НДМГ | Интактная диссоциированная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей   | Без воздействия на культуру НДМГ  | Без воздействия               | –   | –                      |
|                              | Контрольная диссоциированная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей | Воздействие на культуру клеток НДМГ в дозах 1 мг/л, 100 мкг/л и 50 мкг/л из расчета 1 мкл/лунка | Без воздействия               | –   | –                      |
|                              | Опытная диссоциированная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей     | Воздействие на культуру клеток НДМГ в дозах 1 мг/л, 100 мкг/л и 50 мкг/л из расчета 1 мкл/лунка | Превентивное и корректирующее | Диссоциированная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей | 5                      |

опытными образцами клеточных культур располагали на расстоянии 50 см от источника ЭМИ.

На 6-е сутки с момента моделирования острого токсического повреждения диссоциированной культуры клеток эмбрионов мышей в указанных дозах и воздействия пЭМИ оценивали жизнеспособность нейронов в культуре. Для этого использовали методику окраски нейронов пропидием оранжевым, колориметрическую методику оценки жизнеспособности клеток (МТТ-анализ), а также изучали метаболические и морфологические изменения в опытной и контрольной нейрональных культурах в сравнении с интактной.

В результате окрашивания пропидием оранжевым погибшие клетки приобретают оранжевый цвет, а жизнеспособные – не окрашиваются. После добавления и фиксации красителя в культуру клеток проводится подсчет живых и погибших клеток и определяется относительное значение живых клеток к общему числу клеток в культуре.

МТТ-анализ выполняли с использованием МТТ-теста (3-[4,5-диметилтиазол-2-ил]-2,5-дифетил тетрагидропиридиний бромид) (Chemicon, Temecula, CA). МТТ-тест представляет бледно-желтую подложку, которая расщепляет живые клетки, вследствие чего получается темно-синий продукт формазана. Процесс расщепления требует активных митохондрий, а интенсивность окраски зависит от количества активных митохондрий, что является косвенным признаком общего количества жизнеспособных клеток – точнее активности митохондриальных ферментов.

Для оценки изменений метаболизма в диссоциированной культуре клеток коры больших полушарий эмбрионов мышей применяли стандартизированный метод определения концентрации глюкозы и лактата в культуральной среде. Концентрация лактата была определена с помощью наборов реагентов («Vital Diagnostic», Россия), определение оптической плотности производилось на планшетном спектрофото-

метре «Synergy MX» (Соединенные Штаты Америки). По изменению концентрации глюкозы и промежуточного продукта энергетического обмена лактата в культуральной среде можно судить о функциональном состоянии клеток культуры.

Морфологический анализ клеточных культур проводили с использованием светового микроскопа «Leica DMLS» (Германия). Обработка изображений осуществляли с использованием программного продукта «Leica application suite» (Германия).

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью статистических программных пакетов «Stastica 6.0», MS-Excel for Windows.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что используемые в эксперименте концентрации НДМГ приводят к резкому снижению числа жизнеспособных нейронов в диссоциированной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей. Во всех опытных образцах контрольной культуры наблюдалось снижение числа жизнеспособных нейронов, показателей МТТ-анализа и метаболические нарушения в клетках культуры. На 6-е сутки после воздействия НДМГ в дозе 1 мг/л в контрольной диссоциированной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей нейроны анализу и подсчету не подлежали, встречалось большое количество погибших нейронов с выраженными деструктивными изменениями. Относительное число жизнеспособных клеток в культуре в сравнении с интактной составило 27,74% ( $p=0,001$ ), а значения показателя МТТ теста – 37,72% ( $p=0,003$ ) (табл. 2; рис. 1, 2).

Воздействие на диссоциированную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей раствором НДМГ в дозе 100 мкг/л также приводило к резкому снижению числа жизнеспособных нейронов в культуре и гибели большого числа клеток. Относительное число жизнеспособных нейронов в опытной культуре при ис-

Таблица 2

**Выживаемость нейронов в первичной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей (E18) при воздействии НДМГ, M±SEM**

| Клеточная культура /дозы НДМГ  | Первичная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей, число клеток в лунках |       |       |       |      |
|--------------------------------|---|-------|-------|-------|------|
|                                | M   | SD    | Me    | Mo    | SEM  |
| Интактная                      | 96,19   | 1,80  | 96,43 | 96,18 | 1,34 |
| Контрольная 10 мкг/л (0,5 ПДК) | 52,36*  | 17,89 | 53,01 | 52,16 | 4,23 |
| Контрольная 100 мкг/л (5 ПДК)  | 33,61*  | 27,88 | 33,94 | 33,46 | 5,28 |
| Контрольная 1 мг/л (50 ПДК)    | 26,68*  | 10,24 | 25,75 | –     | 6    |

Примечание: \* – различия по сравнению с интактной культурой, p<0,005.

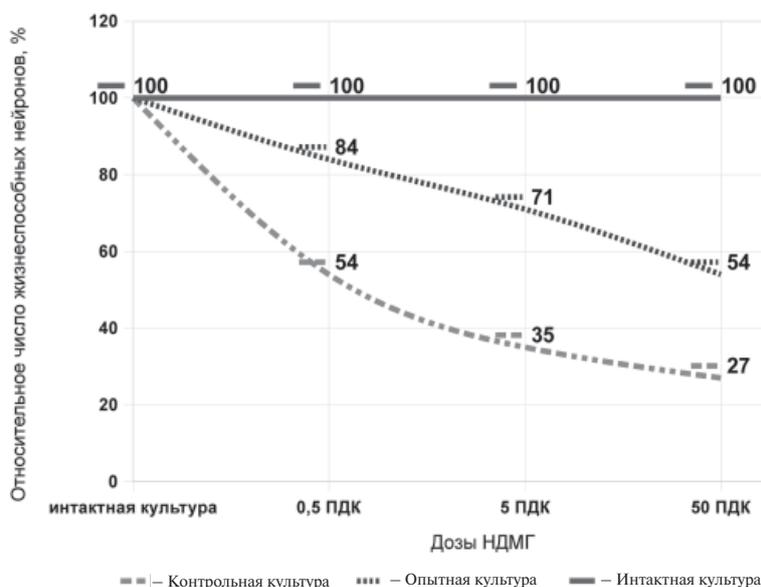


Рис. 1. Относительное число жизнеспособных нейронов в диссоциированной клеточной культуре коры головного мозга эмбрионов мышей в ответ на воздействие НДМГ и пЭМИ. Относительное значение в сравнении с интактной культурой

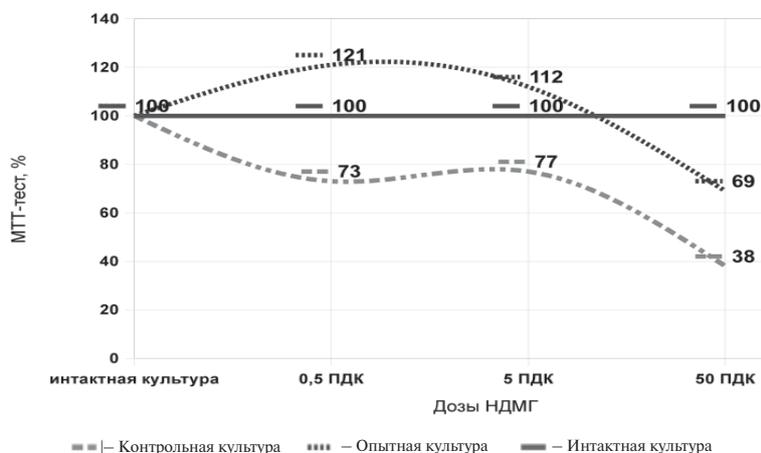


Рис. 2. МТТ-анализ клеток в диссоциированной клеточной культуре коры головного мозга эмбрионов мышей в ответ на воздействие НДМГ и пЭМИ. Относительное значение в сравнении с интактной культурой

пользовании этой дозы НДМГ составило 34,93%, что достоверно ( $p=0,009$ ) отличалось от интактной культуры той же линии, при этом значения МТТ-теста были значительно снижены и составили 76,66% в сравнении с интактной культурой (см. рис. 2). Аппликация НДМГ в дозе 10 мкг/л на первичную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов приводит к снижению числа жизнеспособных нейронов в культуре и к 6-м суткам с момента воздействия НДМГ относительное число жизнеспособных нейронов не превышает 54%, достоверно ( $p=0,01$ ) отличаясь в сравнении с интактной культурой. При этом показатели МТТ-теста остаются сниженными и составляют 72,83% в сравнении с интактной культурой.

Выявлено, что воздействие раствором НДМГ на первичную культуру нейронов приводит к нарушению метаболических процессов в клетках культуры. В ответ на воздействие НДМГ в дозах от 0,5 до 50 ПДК в культуральной среде увеличивалась концентрация глюкозы, достигая  $22,67 \pm 3,32$  ммоль/л, что достоверно отличалось от содержания глюкозы в интактной культуре  $15,97 \pm 0,98$  ммоль/л ( $p < 0,05$ ), при этом значительно снижается содержание промежуточного продукта энергетического обмена лактата. Концентрация лактата в культуральной среде при воздействии на культуру раствором НДМГ во всех исследуемых концентрациях не превышает  $13,38 \pm 3,35$  ммоль/л, что достоверно ( $p < 0,05$ ) отличалось от содержания лактата в интактной культуре, где его концентрация была  $21,56 \pm 0,76$  ммоль/л (табл. 3). Повышение концентрации глюкозы и снижение лактата в культуральной среде указывает на снижение поглощения глюкозы клетками и их массовую гибель. Подобная динамика изменения глюкозы и лактата у еще не погибших клеток свидетельствует о глубоких внутриклеточных нарушениях метаболизма нейронов в ответ на действие НДМГ.

Воздействие ЭМИ, преобразованного первичной культурой клеток коры головного мозга эмбрионов мышей, оказало защитный эффект на клетки той же культуры при токсическом действии на неё НДМГ в дозах от 0,5 до 50 ПДК. В ответ на воздействие пЭМИ число жизнеспособных нейронов в культуре было выше, чем в контроле. После воздействия

на нейрональную культуру клеток 50 ПДК НДМГ и пЭМИ относительное число жизнеспособных нейронов в поврежденной клеточной культуре составило 54,08%, а значения МТТ теста – 68,67% в сравнении с показателями в интактной культуре. Эти значения были достоверно ( $p < 0,05$ ) выше, чем в контрольной культуре, но и в то же время значительно ниже, чем в интактной культуре. В результате воздействия на нейрональную культуру клеток НДМГ в дозе 1 мг/л в нейронах быстро развиваются необратимые изменения, сопровождающиеся массивной гибелью, что трудно подлечит коррекции. Использование этой дозы для изучения острого токсического действия НДМГ на нейрональных клеточных культурах не всегда целесообразно ввиду высокого токсического эффекта (табл. 4). См. также таблицу 2 и рисунки 1, 2.

В ответ на воздействие пЭМИ на первичную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей после добавления в неё НДМГ в дозе 100 мкг/л и 10 мкг/л (5 и 0,5 ПДК) относительное число жизнеспособных клеток в культуре составило 70,86 и 83,56% соответственно, что не имело достоверных ( $p=0,09$ ) отличий при сравнении с интактной культурой и было достоверно ( $p=0,01$ ) выше при сравнении с контрольной культурой. Значения МТТ-анализа при защитном воздействии пЭМИ на нейрональную культуру клеток поврежденной НДМГ в дозе 100 мкг/л составило 111,63%, а для НДМГ в дозе 10 мкг/л – 120,51%, что существенно превышало аналогичные показатели в контрольной культуре клеток ( $p < 0,05$ ). Высокие значения МТТ-теста в опытных культурах свидетельствует не только о высокой активности митохондриальных ферментов в ответ на воздействие пЭМИ, но также и о токсическом действии НДМГ. Полученные данные подтверждаются метаболическими изменениями в нейронах культуры (рис. 3).

Воздействие пЭМИ на первичную культуру клеток коры головного мозга эмбрионов мышей при токсическом действии НДМГ в дозах от 0,5 до 50 ПДК приводит к нормализации метаболических процессов

Таблица 4

**Влияние пЭМИ на жизнеспособность нейронов в диссоциированной культуре клеток коры головного мозга эмбрионов мышей на 6-е сутки после воздействия НДМГ,  $M \pm SEM$**

| Клеточная культура / дозы НДМГ | Первичная культура клеток коры головного мозга эмбрионов мышей, число жизнеспособных нейронов |       |       |       |      |
|--------------------------------|---|-------|-------|-------|------|
|                                | M   | SD    | Me    | Mo    | SEM  |
| Интактная                      | 96,19   | 1,80  | 96,43 | 96,18 | 1,34 |
| Опытная 100 мкг/л (0,5 ПДК)    | 80,38   | 4,89  | 81,67 | 81,17 | 3,60 |
| Опытная 100 мкг/л (5 ПДК)      | 68,16   | 10,47 | 68,74 | 67,24 | 8,20 |
| Опытная 1 мг/л (50 ПДК)        | 56,46*  | 11,73 | 56,48 | 54,37 | 9,26 |

Примечание: \* – различия по сравнению с интактной культурой,  $p < 0,005$ .

Таблица 3

**Влияние НДМГ на содержание глюкозы и лактата в диссоциированной культуре нейронов коры головного мозга эмбрионов мышей на 6-е сутки после воздействия,  $M \pm m$**

| Дозы НДМГ          | Глюкоза, ммоль/л   | Лактат, ммоль/л    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| Интактная культура | $15,97 \pm 0,98$   | $21,56 \pm 0,76$   |
| 1 мг/л (50 ПДК)    | $22,67 \pm 3,32^*$ | $9,28 \pm 1,08^*$  |
| 100 мкг/л (5 ПДК)  | $21,30 \pm 1,98^*$ | $12,72 \pm 1,52^*$ |
| 10 мкг/л (0,5 ПДК) | $21,68 \pm 0,18^*$ | $13,38 \pm 3,35^*$ |

Примечание: \* – различия по сравнению с интактной культурой,  $p < 0,005$ .

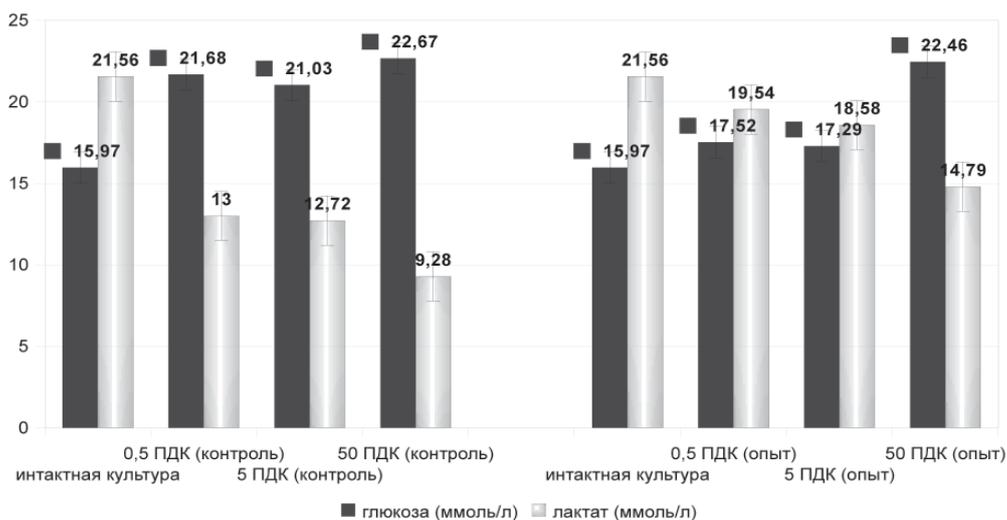


Рис. 3. Соотношение глюкоза/лактат в диссоциированной клеточной культуре коры головного мозга эмбрионов мышей в ответ на воздействие НДМГ и пЭМИ

в клетках культуры. В ответ на воздействие пЭМИ отмечали нормализацию глюкозы и лактата в культуральной среде при повреждении НДМГ в дозах 0,5 и 5 ПДК. При этом значения глюкозы и лактата достоверно не отличались от интактной культуры. Однако при воздействии НДМГ в дозе 50 ПДК уровень глюкозы в культуральной среде оставался высоким, а содержание лактата низким, что указывает на гибель клеток в большом количестве и выраженные метаболические изменения в нейронах.

Таким образом, воздействие ЭМИ, преобразованного диссоциированной культурой клеток коры головного мозга эмбрионов мышей, оказывает защитное действие на исходно неустойчивую клеточную культуру той же линии и способствует повышению её резистентности к токсическому действию НДМГ в дозах от 0,5 до 50 ПДК.

**Заключение.** Установлено, что НДМГ в дозах 0,5, 5 и 50 ПДК оказывает выраженное повреждающее действие на первичную клеточную культуру коры головного мозга эмбрионов мышей. В результате чего жизнеспособность клеток культуры резко снижается, а метаболические изменения носят деструктивный характер в разной степени выраженности. В ответ на токсическое действие НДМГ в клеточной культуре число жизнеспособных нейронов резко снижается, наблюдается большое количество погибших клеток и клеток с морфологическими признаками апоптоза. При воздействии НДМГ на нейрональную культуру клеток в дозе 1 мг/л относительное число жизнеспособных нейронов в сравнении с интактной культурой составило 27,74%, а при использовании НДМГ в дозе 100 мкг/л и 10 мкг/л – 34,93 и 54,43% соответственно. При этом значения МТТ-анализа составили 77 и 72,83% соответственно.

Воздействие ЭМИ, преобразованного культурой клеток нормальной печени человека, способствует

повышению жизнеспособности клеток в клеточной культуре той же линии при повреждении её НДМГ в дозах 1 мг/л, 100 мкг/л и 10 мкг/л.

В результате защитного действия пЭМИ повышается число жизнеспособных нейронов в опытной культуре, а их относительное число в сравнении с интактной культурой достигает 56,46% при использовании НДМГ в дозе 1 мг/л, 70,86% при использовании НДМГ в дозе 100 мкг/л и 83,56% при использовании НДМГ в дозе 0,5 ПДК.

Полагаем, что существует специфичность действия преобразованного ЭМИ He-Ne лазера в зависимости от зондируемого объекта. По всей видимости, обнаруженные эффекты носят эндоэргический характер, когда в результате поглощения биопрепаратами энергии когерентного поляризованного лазерного излучения увеличивается свободная энергия Гельмгольца, аккумулированная в химических связях метаболитов препаратов первичной культуры клеток коры головного мозга эмбрионов мышей [2, 3, 8].

Атомы информационных макромолекул (дизоксирибонуклеиновая кислота, рибонуклеиновые кислоты, белки), поглощая свет, вместе с энергией квантов света приобретают и их момент количества движения, что создает инверсную заселенность ядерных зеэмановских уровней. Происходит так называемая химическая поляризация ядер [2, 3]. Таким образом, биохимические реакции в препаратах, запущенные поляризованным лазерным излучением, могут генерировать электромагнитные радиочастотные колебания. В этой ситуации биоструктуры (например клеточные культуры) выступают в роли своеобразной молекулярной радиостанции, где каждый вид молекул имеет свои характерные частоты, которые ввиду наличия в эксперименте ЭМИ газового разряда лазера, могут усиливаться благодаря стохастическому резонансу. Так, в силу указанных причин исходное ЭМИ He-Ne лазера в результате модуляции биострук-

турами приобретает специфические особенности, которые характерны для электромагнитного состояния зондируемого объекта. Можно предположить, что в результате модуляции ЭМИ He-Ne лазера клеточной культурой, преобразованное ЭМИ приобретает специфичность, характерную для зондируемого объекта, а зондируемый объект «донор» параметрически связан с объектом «реципиентом», на которого оказывается триггерное воздействие, что активирует метаболические процессы в опытной культуре, тем самым повышается их жизнеспособность и резистентность к токсическому воздействию.

#### Литература

1. Биохимия гидразинов / под ред. Н.И. Поряной Ангарск. – 2005. – 81 с.
2. Бучаченко, А.Л. Радиоизлучение и другие магнитные эффекты в химических реакциях / А.Л. Бучаченко. – М.: Знание, 2007. – 197 с.
3. Бучаченко, А.Л. Новая изотопия в химии и биологии / А.Л. Бучаченко. – М.: Наука, 2007. – 185 с.
4. Кокая, Н.Г. Влияние корректирующего и превентивного воздействия электромагнитным излучением, модулированным биоструктурами, на течение острой инсулиновой недостаточности у крыс / Н.Г. Кокая, А.А. Кокая, И.В. Мухина // Современные технологии в медицине – 2011. – № 3. – С. 11–15.
5. Кокая, Н.Г. Морфологические изменения в поджелудочной железе крыс при коррекции острой инсулиновой недостаточности электромагнитным излучением, модулированным биоструктурами / Н.Г. Кокая, А.А. Кокая, И.В. Мухина // Естественные и технические науки – 2011. – № 3 (53). – С. 156–164.
6. Кокая, А.А. Специфичность действия электромагнитного излучения преобразованного различными биоструктурами / А.А. Кокая [и др.] // Вестн. Рос. воен-мед. акад. – 2012. – № 4 (40). – С. 163–168.
7. Кокая, А.А. Отдаленные адаптационные структурные перестройки клеток печени и поджелудочной железы крыс при коррекции острой инсулиновой недостаточности электромагнитным излучением, модулированным биоструктурами / А.А. Кокая, Н.Г. Кокая, И.В. Мухина // Мед. альманах – 2011. – № 5. – С. 175–179.
8. Мазур, А.И. Электрохимические индикаторы / А.И. Мазур, В.Н. Грачев // М.: Радио и связь, 1985. – 178 с.

A.A. Kokaya, M.V. Vedunova, E.V. Mitroshina, V.P. Kozyakov, I.V. Mukchina

#### Sensitivity of neurons to low-intensity electromagnetic radiation in toxic effect of hydrazine

**Abstract.** The data of the effects of electromagnetic radiation of a helium-neon laser, a converted biological structure in toxic effects on primary culture cells of the cerebral cortex of mice embryos unsymmetrical dimethyl hydrazine at doses corresponding to 0,5, 5 and 50 maximum allowable concentration are represented.

It was revealed that the impact of unsymmetrical dimethyl hydrazine in primary cell cultures of the cerebral cortex in mouse embryos indicated doses leads to a significant reduction in the number of viable neurons in culture. In the control culture, as compared with intact, the relative number of viable neurons when exposed to the culture of unsymmetrical dimethyl hydrazine at 0,5 maximum allowable concentrations do not exceed 54% at 5 maximum allowable concentrations of 35%, at 50 the maximum permissible concentrations – 27%. In response to the toxic effects of unsymmetrical dimethyl hydrazine metabolic disorders in primary cultures of neurons of the cerebral cortex of mice embryos were clearly under the influence of the destructive nature of all studied doses.

Getting that exposure to electromagnetic radiation, transformed primary culture cells of the cerebral cortex of mice embryos, has a protective effect on the initially unstable cell cultures of the same line, and increasing its resistance to the toxic effect of unsymmetrical dimethyl hydrazine in doses from 0,5 to 50 maximum permissible concentration. As a result of the exposure, the greater the number of viable neurons in primary culture cells of the cerebral cortex of mice embryos. In response to the impact of this type of radiation injury unsymmetrical dimethylhydrazine at 0,5 maximum permissible concentration of the number of viable neurons in culture, in relation to control, increased by 30%, at a dose of 5 maximum allowable concentrations by 36%, at a dose of 50 maximum permissible concentration of 27%. Metabolic abnormalities in cells dissociated cultures of the cerebral cortex of mice embryos in response to this type of radiation damage of unsymmetrical dimethyl hydrazine were detected only with unsymmetrical dimethyl hydrazine at 50 maximum permissible concentration.

**Key words:** unsymmetrical dimethyl hydrazine, acute toxicity, electromagnetic radiation, biological structure dissociated neuronal culture, super-weak impact resistance, the brain of mice embryos.

Контактный телефон: +7-910-795-07-77; e-mail: kann9988@gmail.com