

О ГИПОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДАЛЬНИХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

О.С. Круглов¹, Т.С. Гурьева¹, О.А. Дадашева¹, В.М. Лебедев²,
А.В. Спасский², К.А. Труханов¹

¹ГНЦ РФ-ИМБП РАН, Москва; ²НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, МГУ имени М.В. Ломоносова
wg2@anna19.sinp.msu.ru

Введение

При дальнем космическом полете космический корабль вместе с экипажем и биорегенеративной системой жизнеобеспечения (БСЖО), в частности, будет длительное время находиться в межпланетном магнитном поле, которое в 10^3 - 10^5 раз меньше, чем привычное геомагнитное поле (ГМП).

Это, во-первых, приведет к воздействию на экипаж интенсивных потоков заряженных частиц солнечных событий и галактических космических лучей, большая часть которых при околоземных полетах отклоняются ГМП. Во-вторых, человек в полете столкнется с новым фактором – экстремальными гипوماгнитными условиями (ГМУ).

В настоящее время известно, что на человека пребывание даже не в очень «жестких» ГМУ действует, как правило, отрицательно (см., например, [1, 2]). Именно поэтому в России впервые в мире установлены ограничения на предельные величины коэффициента ослабления ГМП в быту и на производстве (СанПин 2.1.8/2.2.4.2489-09).

Особенно сильно действует ГМУ на биологические объекты на стадии развития. Например, при инкубировании куриных яиц в поле менее 50 нТл у 20-40 % вылупившихся цыплят наблюдались парезы ног и крыльев [3]. Наблюдались крайне неблагоприятные последствия воздействия «жестких» ГМУ на развитие других биологических объектов. По-видимому, на дальних космических кораблях и на лунной базе необходимо создание аналога ГМП с помощью электромагнитных систем для замкнутых БСЖО, а также для человека [4]. Очевидно, необходимые параметры такого аналога ГМП должны быть определены на основе дальнейших исследований.

В качестве предварительного результата в настоящей работе представлены данные по воздействию ГМУ на ранний эмбриогенез японского перепела (*Coturnix coturnix japonica*). Японский перепел рассматривается как один из возможных и перспективных компонентов БСЖО [5] при выполнении дальних космических полетах и на лунной базе.

Методика

Для исследования влияния ГМП на эмбриональное развитие японского перепела инкубатор помещали внутри системы катушек Гельмгольца или в гипوماгнитную камеру, что позволяло получать разную степень ослабления ГМП.

Катушки Гельмгольца представляют собой систему двух одинаковых токовых витков (кольцеобразных или квадратных), расположенных на общей оси. С помощью трехкомпонентной системы катушек Гельмгольца (СКГ) можно создать магнитное поле, направленное против компонент ГМП, и тем самым ослабить его до необходимой величины. Коэффициент ослабления ГМП в месте расположения инкубатора составлял 80-100.

В работе использовалась также гипомагнитная камера, изготовленная на основе рулонного магнитного материала МАР-1К из лент аморфных магнитомягких сплавов. Она представляет собой цилиндр с внутренним рабочим объемом диаметром 300 и длиной 500 мм (рис. 1). В этом объеме уровень ГМП может быть ослаблен более чем в 1000 раз [6].

Инкубатор представлял собой прозрачную коробку из органического стекла, внутри которой на специальной подставке находились яйца перепелов. Подставку можно было поворачивать на некоторый угол, изменяя положение яиц в инкубаторе относительно направления силы тяжести и имитируя тем самым то, что делает наседка при насиживании. Два змеевика из органического стекла были расположены сверху и снизу коробки. К змеевикам были подведены шланги с теплой водой от термостата.



Рис.1. Общий вид гипомагнитной камеры (слева) и внутренний вид этой камеры с инкубатором

Температура среды, в которой происходило развитие эмбрионов, измерялась цифровым гигрометр/термометром EchoTerra, оснащенный дистанционным датчиком. Величина ослабления ГМП определялась по показанию 3-х компонентного магнитометра производства «НПО ЭНТ».

Яйца в количестве 8-15 штук закладывали в инкубатор, в котором автоматически поддерживалась температура в пределах $+37,5 \pm 1,0$ °С и относительная влажность в пределах 50–70%. Длительность эксперимента составляла 4 и 10 суток. В контрольных экспериментах компенсацию магнитного поля отключали или инкубировали вне гипомагнитной камеры.

После выемки яиц из инкубатора проводили визуальный осмотр содержимого яйца и самого эмбриона. Определяли стадии развития эмбрионов, отмечали состояние желтка, сосудов желточного мешка, белковых оболочек, сосудистого поля и других элементов. После чего эмбрион осторожно

освобождали от оболочек и проводили дальнейший осмотр с последующим фотографированием.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 и 3 приведены наши результаты инкубирования яиц в СКГ в нормальных условиях (контроль) и в ГМУ (опыт) [7].

В норме 4-суточный зародыш имеет четко выраженные анатомические данные с зачатками крыльев и лап, с развитым пигментированным глазом и завершенным органогенезом. На этом этапе развития кровеносные сосуды покрывают половину желточного мешка (рис. 2, слева).



Рис. 2. Нормальное развитие эмбриона (слева) и эмбрион японского перепела 4-е сутки в ГМУ (справа). Полнокровные сосудов 1-го порядка.

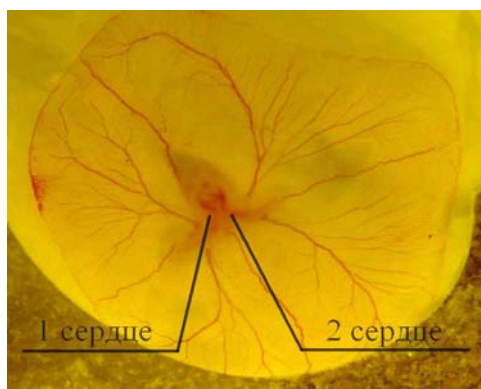


Рис. 3. Эмбрион японского перепела 4-е сутки. (опыт). Наличие двух сердец с развитой системой кровеносных сосудов от каждого сердца.

При осмотре эмбрионов, развивавшихся в ГМУ в течение 4-х суток, выявилось, что все они были живыми и соответствовали 3-4 суткам развития. Однако следует отметить, что почти у каждого зародыша имелись нарушения в развитии сердечно-сосудистой системы, выражающиеся в аномалии развития сердца и его сосудов. Особенно ярко проявляется воздействие ГМУ на развитие сосудов желточного мешка. Выявилось полнокровие сосудов 1-го порядка (рис. 2, справа) и нарушение сосудистого рисунка: сосуды 1-го порядка укорочены, а разветвление их на сосуды 2-го порядка начинаются практически у сердца. Большинство этих отклонений от нормального развития эмбрионов может самым отрицательным образом сказаться на их дальнейшей жизнеспособности.

Процесс развития эмбрионов в гипомагнитной камере оказался иным. После 4-х и 10-ти суточного инкубирования яиц развитие большинства эмбрионов мало отличалось от нормального. Из 22 инкубированных яиц отклонения в развитии наблюдалось только в 5-ти случаях, причем в 3-х значительные и в 2-х – незначительные, хотя и заметные. По-видимому, влияние ГМУ на развитие эмбрионов в данном случае имеет заметно нелинейный характер. Аналогичные результаты отмечались в работе [8].

Выводы

Выполненное в работе исследование влияния ГМУ на развитие эмбрионов японского перепела показало большую вероятность отрицательного исхода в их жизнеспособности. Полученные предварительные результаты указывают также на относительно сложную немонотонную зависимость этого воздействия.

Работа выполнена при использовании оборудования, приобретенного за счет «Программы развития Московского университета»

1. Л.В. Походзей, Ю.П. Пальцев, Н.Б. Рубцова. Гипогеомагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование //III Международная конференция «Человек и электромагнитные поля». Саров. 24-27 мая 2010. С. 185-193.
2. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные поля как один из неблагоприятных факторов среды. //В материалах Международного совещания «Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование». Ред. М.Х. Репачоли, Н.Б. Рубцова, А.М. Муц. Изд. ВОЗ. Женева. 1999. WHO/SDE/OEN/99.5. P. 237 – 246.
3. В.П. Казначеев, Л.П. Михайлова. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск.: Наука, 1985. 185 с.
4. Н.А. Кривова, К.А. Труханов. Брать ли на Марс магнитное поле Земли? // Наука в России.2010. № 3. С. 4-9.
5. В.Н.Сычев, М.А. Левинских, Т.С. Гурьева и др. Исследование замкнутых экологических систем жизнеобеспечения. Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. 2002. Т. 2 Медико-биологические эксперименты. Гл. 6. с. 306-365.
6. С.А. Гудошников, С.Н. Венедиктов, Ю.Б. Гребенщиков и др. Экранирующая камера для ослабления магнитного поля Земли на основе рулонных магнитных материалов. Измерительная техника, № 3, С. 58-61.
7. К.А. Труханов, Т.С. Гурьева, О.А. Дадашева и др. Влияние моделируемых гипомагнитных условий дальнего космоса на развитие эмбрионов японского перепела. . Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2011 год. 2012. Изд. ФМБЦ имени Бурназяна. С. 83-93.
8. В.В. Новиков, И.М. Шейман, Е.Е. Фесенко. Влияние слабых и сверхслабых постоянных магнитных полей на интенсивность деления планарий *Dugesia tigrina* //Биофизика. 2007. Т.52, № 5. С. 912-915.