

УДК 612.06

**Т. Д. Власов, А. В. Рубинский**

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
им. академика И. П. Павлова  
(Санкт-Петербург, Россия)

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ «РОССИЙСКИЙ МАГЛЕВ» И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

Дата поступления 30.05.2017

Решение о публикации 26.10.2017

**Аннотация:** В статье проведен анализ медико-биологической безопасности результатов работы по проектированию и модельно-лабораторным экспериментам транспортной системы «Российский Маглев».

**Цель:** Установление локации и уровня полевых физических характеристик вокруг отечественной магнитолевитационной системы «Российский Маглев», разработка научно обоснованных предложений и рекомендаций санитарно-профилактического профиля, необходимых при проектировании и эксплуатации систем защиты, контроля и мониторинга опасного воздействия нерадиационных физических полей на пассажиров, обслуживающий персонал, перемещаемый груз и экологию.

**Методы:** Выполнен обзор современных представлений о воздействии постоянных и низкочастотных магнитных полей на человека. Изучены и представлены характеристики основных источников воздействия ЭМП на человека при эксплуатации технологии «Российский Маглев». Полученные данные сопоставлены с нормативно-техническими документами по обеспечению электромагнитной безопасности.

**Результаты:** Были выявлены гигиенические требования по абсолютным величинам и продолжительности действия неблагоприятных факторов на железнодорожном транспорте, неотраженные в действующих инструкциях и СанПиНах, в связи с этим даны рекомендации по наиболее безопасному для человека размещению источников МП, а также защитных средств в салоне экипажа.

**Практическая значимость:** Проведена необходимая подготовительная работа для проведения медико-биологических исследований в условиях полноразмерной модели.

**Ключевые слова:** магнитолевитационный транспорт, постоянное и переменное магнитное поле, электромагнитная безопасность.

### **Введение**

В настоящее время в России развитием магнитолевитационных (Маглев) технологий занимаются коллективы нескольких российских организаций (НИИЭФА, ПГУПС, НИУ МАИ, МИИТ, др.), но до сих пор отечественные разработки не вышли из стадий проектирования и модельно-лабораторных экспериментов.

Причин такого положения несколько, отметим на наш взгляд наиболее существенные: на ведомственном и регионально-правительственном уровне нет согласованных действий и документов по перспективам развития Маглев транспорта, не определен рейтинг Маглев технологий, намеченных к реализации, не разработана нормативная база по большинству позиций, необходимых для коммерческой эксплуатации проектов, не определены исходные данные по скоростному режиму движения подвижного состава, не проводятся научно-технические исследования по изучению влияния опасных и вредоносных физических факторов, действующих на пассажиров, обслуживающий персонал в экипаже, работников инфраструктурных подразделений, населения в селитебных зонах пролегания Маглев трасс.

В литературе, посвященной разработкам различных отечественных технологий и проблем Маглева, мы не нашли убедительных оценок соответствия расчетных показателей эксплуатационных характеристик этого вида транспорта действующим в стране санитарно-гигиеническим правилам и нормам (СанПиН), стандартам (ГОСТ), предельно допустимым уровням (ПДУ) по энергетическим и силовым физическим параметрам, другим санитарно-техническим показателям, прописанным в нормативно-технических документах. Так, в работе [2], как и в большинстве ей подобных, с целью констатации эксплуатационной безопасности Маглев транспорта представлены сравнительные оценки расчетных интенсивностей магнитных (МП) и электромагнитных (ЭМП) полей в средах, окружающих будущую отечественную Маглев трассу с существующей полевой обстановкой в большом современном городе на улицах, в городском транспорте, метро, жилых и производственных помещениях. Без ссылок на источники приведены значения интенсивностей излучения ЭМП различными работающими приборами и индукция фонового геомагнитного поля Земли (ГМП). В работе много неточностей, например, приведено значение ГМП, равное 0,5 мкТл, хотя известно, что величина ГМП не постоянный параметр, а пространственно-временная функция, зависящая от положения точки измерения на поверхности Земли, её значения изменяются в пределах от 42 до 70 мкТл [5]. Далее, ссылаясь на мнение «русских ученых» (не указано, кого?), сообщается, что ПДУ МП (постоянного и переменного) для пассажиров Маглева равно 2 мкТл. Эта информация также недостоверна, т.к. до сих пор отсутствуют отечественные регламентарные нормы ПДУ МП, ЭМП на транспортных средствах, а в зарубежных нормативных регламентах указаны совсем другие значения обеспечения магнитной и электромагнитной безопасности [6,7]. Подобные разночтения в оценках эколого-гигиенического влияния Маглев транспорта на организм человека присутствуют в работах и других авторов.

В большинстве отечественных публикаций авторы, для оценки ПДУ на транспорте, применяют нормы, изложенные в СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», в которых подтверждено известное положение о том, что воздействие постоянных и переменных физических полей на человеческий организм не равноценно и в связи с этим ПДУ для различных видов МП отличаются по градациям зоны облучения и энергетической дозы: для постоянного МП максимальный порог общего облучения организма ограничен величиной 10 мТл, а индукция магнитной составляющей ЭМП низкой частоты, когда электрическую и магнитную составляющие можно рассматривать независимо, на два порядка меньшей, равной 0,2 мТл.

Конечно, при проектировании Маглев транспорта приоритетны энергетический анализ и оптимальные конструктивные и технологические решения, но без корректных эколого-гигиенических расчётов и экспериментальной практики, накладывающей определенные функциональные и конструктивные ограничения на технологию, внедрение нового вида транспорта в эксплуатацию невозможно.

На предыдущих конференциях по магнитолевитационным транспортным системам и технологиям (СПб, ПГУПС) и в литературе [1–4] отмечалась универсальность и перспективность внедрения в эксплуатацию результатов отечественного технологического проекта «Российский Маглев» - разработки транспортной технологии, рассчитанной для применения на междугородных скоростных пассажирских магистралях со скоростным режимом до 600 км/час и для грузовых контейнерных перевозок со скоростью до 400 км/час.

В этой транспортной технологии предложена левитационная конструкция в виде путевой структуры, состоящей из магнитных рельсов (МР), изготовленных из блоков постоянных магнитов NdFeB, собранных по схеме Хальбаха, и уложенных вдоль всей трассы, Маглев тележек, содержащих аналогичные бортовые блоки Хальбаха (возможен вариант – вместо блоков постоянных магнитов использовать блоки объемных высокотемпературных сверхпроводников 2-ого поколения) и тяговой системы, построенной на базе линейного синхронного двигателя (ЛСД) с рабочими элементами, размещенными в путевой структуре вдоль трассы и в экипаже. Предлагаемая система действия магнитного подвеса основана на взаимодействии потоков магнитных полей от постоянных магнитов (массивов Хальбаха), размещенных на борту экипажа и в МР. Известны вариации этой технологии с использованием вместо МР разгонных систем и «реактивной» полосы из высокопроводящего металла, вмонтированной в путевую структуру.

В работах по проекту «Российский Маглев» сообщается о технических разработках и экспериментально-модельных исследованиях в области поиска оптимальных конструктивных решений, но отсутствуют

подходы и планы проведения эколого-гигиенических исследований для оценки полевой безопасности предлагаемых конструктивных вариантов. Нет конкретных результатов подобных исследований и в зарубежных изданиях, содержащих анализ и итоги коммерческой эксплуатации различных технологий Маглева [6,7].

Целью настоящей работы является установление локации и уровня полевых физических характеристик вокруг отечественной магнитолевитационной системы «Российский Маглев», разработка научно обоснованных предложений и рекомендаций санитарно-профилактического профиля, необходимых при проектировании и эксплуатации систем защиты, контроля и мониторинга опасного воздействия нерадиационных физических полей на пассажиров, обслуживающий персонал, перемещаемый груз и экологию.

### **Современные представления о методологии изучения воздействия постоянных и низкочастотных магнитных полей на человека**

Отсутствие полноценных эколого-медицинских исследований безопасной эксплуатации Маглева можно объяснить распространенным стереотипом об адаптации человека к воздействию магнитного поля: за долгое время эволюции физиологические функции организма человека приспособились к воздействию ГМП, солнечным и земным магнитным аномалиям, техногенным МП и пр. Кроме того, в ранних работах по исследованию влияния МП и ЭМП на живые организмы, из-за несовершенства инструментальной базы, были получены данные, что уровни постоянного МП индукцией до 2 Тл. не оказывают существенного влияния на основные показатели функциональных систем организма животных и человека. В связи с этим долгое время считали, что искусственные МП, применяемые в промышленном производстве, науке и технике, медицинской физиотерапевтической практике и диагностических исследованиях ЯМР, МРТ безвредны [9,10].

Однако в других, более современных литературных источниках [11,12] сообщается, что патологическое действие на человека оказывают не только сильные ( $B > 1,5$  Тл.) постоянные МП, но и средние ( $5 \cdot 10^{-2}$  -  $1,5$ ) Тл., а также слабые ( $10^{-2}$  -  $5 \cdot 10^{-5}$ ) Тл., соизмеримые с ГМП, и даже сверхслабые ( $B < 10^{-5}$  Тл), одним из механизмов действия которых считают усиление или ослабление ГМП в рассматриваемой биосистеме.

Нет согласованных данных и в исследованиях влияния структурно разнообразных видов МП (постоянное, переменное, однородное, дискретное, градиентное, комбинированное) на организм человека и животных.

Современные представления о влиянии МП на человека состоят в следующем: несмотря на то, что в человеческом организме нет

специализированных магниторецепторов - образований, непосредственно реагирующих на МП, - физиологические системы живого организма чрезвычайно чувствительны к воздействию постоянных и переменных МП в весьма широком диапазоне амплитуд и частот.

К настоящему времени известно большое количество публикаций с оценкой и трактовкой результатов биологических исследований по вопросам функционального влияния и механизмов действия МП на различные физиологические процессы. В них содержится огромный экспериментальный материал, доказывающий воздействие МП на человека в широком диапазоне интенсивностей и частот, предложены правдоподобные объяснения наблюдаемых явлений на организменном уровне, с привлечением информационной, биомембранной и др. гипотез, но общепринятого, окончательного ответа на вопрос о механизмах воздействия МП на человека до сих пор нет.

В заключение данного раздела перечислим интегрированные основные результаты медико-биологических исследований, полученных на большом контингенте работников, занятых в средах, нагруженных постоянным/переменным МП средней интенсивности ( $10^{-1}$  - 1) Тл.

Считается, что наиболее чувствительны к воздействию МП этого диапазона регуляторные системы организма - нервная, нейроэндокринная и сердечно-сосудистая. Формы проявления синдромов – разные, наиболее часто – неврастенический синдром с вегетативными дисфункциями и нейроциркуляторными расстройствами, глубина и стойкость которых определяется поглощенной экспозиционной дозой. Ряд авторов-кардиологов наблюдали увеличение систолического и диастолического артериального давления, вариабельность частоты сердечных сокращений, изменения в минутного объема крови, патологические нарушения в диаграммах ЭКГ, клинических анализах крови (снижение концентрации эритроцитов, гемоглобина, умеренный лейкоцитоз).

В области симптоматики преобладали жалобы на головные боли, повышенную утомляемость, раздражительность, снижение работоспособности. В числе латентных последствий - развитие онкологических новообразований, лейкозы, гормональные патологии.

В ряде работ, посвященных сравнительному исследованию воздействия низкочастотного и постоянного МП на организм человека, сообщается о большем риске развития отмеченных патологий при действии сравнительно менее интенсивного переменного МП.

### **Результаты исследования характеристик основных источников электромагнитных полей в технологии «Российский Маглев»**

Практически все современные транспортные средства оснащены сложным системным энергетическим и информационным оборудованием, потребляющим и излучающим электромагнитную энергию.

На магнитолевитационном транспорте, помимо высокоэнергетических установок магнитного подвеса и тягового двигателя широко применимы устройства с электронными и электротехническими элементами связи, управления, автоматики, работа которых сопряжена с излучением ЭМП различной интенсивности, частоты, направленности в окружающее пространство.

Таким образом, пассажиры Маглева, обслуживающий персонал в экипажах, технические работники, выполняющие ремонтные и профилактические работы на трассе, в инфраструктурных подразделениях, подвергаются воздействию неионизирующих электромагнитных излучений, величина и воздействия которых может существенно превышать ПДУ и критичную для организма человека дозу пребывания в неблагоприятной зоне, наносить вред его здоровью.

Основными источниками постоянных МП в салоне «Российского Маглева» являются массивы Хальбаха, конструктивно входящие в состав левитационной системы, размещенные под днищем экипажа и в путевой структуре магнитного рельса (МР).

Кроме них, большой вклад в полевую нагрузку салона экипажа и пространства, окружающего трассу, вносит работа мощной тяговой системы ЛСД, включающая статор - активную путевую обмотку, размещенную по всей длине трассы и ротор (бегун) - магнитную систему, составленную из блоков Хальбаха, размещенную на борту экипажа.

Путевая обмотка представляет собой систему контуров, уложенных в путевую структуру с периодом  $\tau$ , со сдвинутыми относительно друг друга фазными токами. Эта система контуров создает периодическое синусоидальное распределение тока вдоль трассы (или участков трассы), а в итоге - бегущее МП.

Ротор - бортовая магнитная система Хальбаха - собран из магнитных блоков NdFeB, размером 50x50x500 мм, и за счет взаимодействия с бегущим МП статора обеспечивает движение экипажа со скоростью, зависящей от частоты питания путевой обмотки:  $V = 2 \cdot f \cdot \tau$ .

Другими источниками неблагоприятных нагрузочных ЭМП в экипаже и в зоне прохождения Маглева являются излучения, создаваемые в салоне аппаратурой управления и связи, кабелями с током, шинами распределительных щитов, мониторами ПК, прочим оборудованием. В нашем исследовании ограничимся изучением полевой топографии постоянных и переменных магнитных полей, образуемых левитационной и тяговой системами.

Уровни индукции постоянного МП в экипаже (таблица 1) оценивали по экспериментальным данным, полученным в результате замера индукции

в окружении блока Хальбаха прибором Ф 4354/1 (погрешность измерений до 2,5%). Уровни индукции переменного МП статора (таблица 2) рассчитывали теоретически по модели ЛСД, описанной в [2]. При этом в расчет закладывали оптимальные конструкционно-энергетические параметры проектируемого ЛСД:

1. изменение скорости экипажа от 0 до 111 м/с (400 км/час);
2. полюсное деление  $\tau = 0.5 \cdot \pi \cdot h = 0.2\text{м.}$ , соответствующее получению максимальной тяги двигателя и оптимального по величине левитационного клиренса  $h = 0,13\text{ м.}$ ;
3. частота бегущего МП  $f = \frac{V}{2 \cdot \tau} = 2.5 \cdot V$  (Гц).
4. размещение и электропитание системы трехфазных контуров обмотки статора соответствует эффективному режиму генерации гармонического бегущего МП при оптимальном тяговом усилии ЛСД (фазная сила тока  $I = 2.5 \cdot 10^3\text{А.}$  , напряжение  $U = 2.85 \cdot 10^3\text{В.}$ ).

Таблица 1. Экспериментальные значения  $B_z$  – составляющей индукции постоянного МП, окаймляющего блок Хальбаха.

Z, м	B, мТл
0	800
0,1	40
0,2	5

Z – ось, ортогональная поверхности массива Хальбаха, направлена в сторону салона экипажа

Таблица 2. Расчётные значения  $B_z$  – составляющей индукции переменного МП статора.

Z, м	B, мТл
0,1	300
0,2	180
0,3	61
0,4	13
0,5	3
0,7	<1

Z - ось, ортогональная путевой структуре статора, направлена в сторону салона экипажа

Анализируя экспериментально-расчётные результаты, представленные в таблицах 1,2, приходим к выводу, что во время движения состава пассажирский салон вагона «нагружается» комбинированным (постоянным и переменным) МП индукцией существенно превышающей действующие в настоящее время санитарно-эпидемические нормы по постоянным и переменным МП в местах нахождения людей (СанПиН 2.2.4.3359-16).

Кроме того очевидно, что по эксплуатационным, технологическим и др. обстоятельствам Маглев поезд будет двигаться по трассе неравномерно, т.е. его мгновенная скорость будет переменной величиной. Выше было указано, что скорость ЛСД связана прямо пропорциональной зависимостью с частотой питания обмоток статора, следовательно, проникающее в салон неблагоприятное комбинированное МП, будет иметь нестационарный (стохастический) характер. В действующем регламенте СанПиН пронормированы допустимые параметры индукции переменных МП.

В модернизированной нами Таблице 3 показаны допустимые значения магнитной индукции переменного МП в зависимости от частоты питания статорной обмотки (скорости движения экипажа).

Таблица 3. Контрольные (допустимые) уровни переменных магнитных полей (среднеквадратичные значения магнитного поля).

Диапазон частот, f (Гц)	Скорость , V (м/с)	Магнитная индукция, B (мТл)
<1	<0,4	40
1–8	0,4 – 3,2	40–5
8–25	3,2 – 10	5–0,2
25–280	10 – 112	0,2–0,02

Таким образом, сравнивая экспериментальные данные, результаты расчётов и ПДУ, представленные в таблицах 1,2,3, получаем, что проникающее в виртуальный салон экипажа «Российского Маглева» комбинированное нестационарное МП, на несколько порядков превышено по абсолютной величине индукции и интенсивности.

Однако до настоящего времени не решен вопрос об уровне переносимости и адаптационных возможностях организма человека при попадании в зону стохастической изменчивости переменного магнитного поля. Для его решения необходимо провести полевые модельные эксперименты в экипажах с ЛСД, работающих в режиме разгона, поддержания скорости, торможения. Из известных нам профессий, в подобном антураже магнитной нестабильности с длительной экспозицией работают машинисты (водители) транспортных средств в конструкции которых предусмотрен электродвигатель. Для такой категории работников предусмотрены плановые медицинские осмотры, реабилитационные мероприятия и др.

С учетом конструктивных особенностей Маглева (малое расстояние от днища вагона до магнитного рельса, специфика магнитного двигателя, конструктивные особенности ЛСД и пр.) можно предполагать, что в таких же и даже более неблагоприятных условиях будут находиться пассажиры и обслуживающий персонал рассматриваемой технологии Маглева. Поэтому, даже на стадии проектирования, необходимо предусмотреть один из вариантов или комбинацию технической защиты, сочетающую



конструктивные методы, компенсацию, экранирование. Рекомендовать наиболее эффективный метод можно будет после проведения экспериментальных исследований, так как в настоящее время публикаций по влиянию на человека нестационарных, комбинационных МП мало, а регламентирующие документы вообще отсутствуют.

### **Практическая значимость работы по совершенствованию нормативно-технических документов для обеспечения электромагнитной безопасности**

В России традиционно гигиеническое нормирование МП и ЭМП регламентируют по пороговому принципу, согласно которому в качестве вредоносного действия принимают минимальную интенсивность полевого физического фактора, при воздействии которого в организме происходят изменения морфологического или функционального характера, выходящие за рамки адаптационно-компенсационных реакций гомеостаза. Наличие этих изменений устанавливают инструментальными и клинико-лабораторными методами при проведении комплексных наблюдений за изменением функционального состояния различных систем живого организма испытуемых (человека, лабораторных животных) как непосредственно, в процессе воздействия потенциально вредоносного фактора, так и в отдаленном периоде. В таблице 4 приведены допустимые дозы воздействия постоянных МП на рабочих местах, согласно действующему в настоящее время СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», которые, из-за отсутствия регламента по дозам облучения МП, пассажиров и обслуживающий персонал на транспорте необходимо учитывать при проектировании и строительстве пассажирского Маглев поезда.

Таблица 4. ПДУ постоянного магнитного поля на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-80	8	10	12	15

Сопоставив данные в таблицах 1 – 4, приходим к выводу: чтобы воздействие МП на персонал, обслуживающий Маглев трассу в экипаже и на инфраструктурных объектах, соответствовало действующему регламенту при длительности нахождения в засоренной среде до 1 часа, источники постоянного МП (массивы Хальбаха) должны находиться на расстоянии более 20 см от человека, а источник переменного МП (активная путевая обмотка статора) на расстоянии более 40 см. И это – требования для работников, проходящих регулярный осмотр и плановую диспансеризацию, а не для пассажиров! Люди, незадействованные в производстве, должны находиться на большем расстоянии и для них экспозиционная доза должна быть меньше.

Многие гигиенисты считают применение порогового критерия для обоснования гигиенических нормативов дискуссионным, так как физиологическая чувствительность отдельных элементов структуры исследуемой функциональной системы на внешнее воздействие может существенно различаться. Так, например, в дифференциальных исследованиях поведения центральной и вегетативной нервной системы (ЦНС и ВНС) организма в слабых и сверхслабых МП и ЭМП, интенсивность которых была на несколько порядков ниже установленных ПДУ, наблюдали функциональные и полиморфные изменения в регуляторной и информационной системах на фоне благополучного интегративного показателя физиологической нормы гомеостаза.

В связи с этим, на наш взгляд, для выявления расстройств в деятельности ВНС, наиболее чувствительной к воздействию неблагоприятных для организма внешних факторов, целесообразно использовать апробированные методики определения функционального состояния организма на полисистемном уровне для выявления возможных индивидуальных реакций организма на МП. Для этого используют мониторные системы физиологических (спироартериокардиограмма), психофизиологических (устройство для исследования психомоторной деятельности человека) и биохимических (лазерная корреляционная спектроскопия) показателей [13,14]. Это позволит составить более точные рекомендации для проектирования Маглев поезда с точки зрения медико-биологической безопасности, как обслуживающего персонала, так и пассажиров.

### **Заключение**

Результаты представленной работы позволили сформулировать следующие выводы по медико-биологической безопасности человека:

1. В исследовании продемонстрировано, что наибольшую нагрузку на нервную систему оказывает переменное магнитное поле, изменяющееся случайным образом.

2. Необходимо проведение экспериментального исследования влияния на живой организм стохастического переменного ЭМП соответствующего расчетным характеристикам движения Маглев транспорта.

3. Провести полевые эксперименты и на основе их результатов разработать СанПиН воздействия нерадиционных полевых характеристик на транспорте для пассажиров и обслуживающего персонала.

4. Рекомендовать применение защитных средств в салоне экипажа, используя конструктивные, компенсационные и экранирующие средства и технологии.

### Библиографический список

1. Антонов Ю. Ф. Магнитолевитационная транспортная технология / Ю. Ф. Антонов, А. А. Зайцев; под ред. В.А. Гапановича – М.: Физматлит, 2014. – 476 с.

2. Антонов Ю. Ф. Магнитолевитационный транспорт: научные проблемы и технические решения: сб. статей / под ред. Ю. Ф. Антонова, А. А. Зайцева. – М.:Физматлит, 2015. – 611с.

3. Зайцев А. А. Транспорт на магнитном подвесе: монография / А. А. Зайцев, Г. Н. Талашкин, Я. В. Соколова; – СПб, ПГУПС. – 2010. –160 с.

4. Земной магнетизм: Физическая энциклопедия, т. 2. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – 81 с.

5. Electricity and Magnetism in Biology and Medicine /Dietrich F.M. et. al, ed. M.Blank. – San Francisco: Press Inc., 1993. – 267 p.

6. Васильев С. В. Системы магнитной левитации отталкивающего типа для высокоскоростного транспорта (обзор зарубежных исследований) / С. В. Васильев, В. И. Матин, А. А. Микиртичев, К. И. Ким // Известия вузов. Электромеханика. – 1977. – №8. – С. 882–888.

7. Птицына Н. Г. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля, как факторы потенциально опасные для здоровья / Н. Г. Птицына, Дж. Виллорези, Л. И. Дорман, Н. Юччи, М. И. Тясто // Успехи физических наук. – 1998. – т. 168. – №7. – С. 767–791.

8. Пальцев Ю. П. Гигиеническая оценка постоянных магнитных полей как фактора производственной среды / Ю. П. Пальцев, В. А. Рощин// Медицина и здравоохранение. Серия гигиена. – 1987. – вып.2. – С. 1–65.

9. Мокоян Б. О. Гигиенические факторы риска здоровью медицинского персонала при работе с магнито-резонансными томографами: автореферат дис. канд. мед.наук: спец.14.02.01/ Мокоян Бэлла Оганесовна: [Федер. НЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана]. – М., 2013 – 24 с.

10. Сборник избранных трудов 4 Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», симпозиум В. – СПб, 2006.

11. Космическая погода: её влияние на человека и биологические объекты: Материалы Международной конференции. Москва, 2005г. – М., 2006.

12. Пономаренко В. А. Магнитное поле как эпигенетический фактор: теоретические и медицинские аспекты / В. А. Пономаренко, В. Н. Запорожан, Л. А. Носкин, В. И. Кресюн, Ю. И. Бажора, А. П. Романчук; под ред. В. Н. Запорожана // Факторы и механизмы саногенеза: монография – Одесса: ОНМедУ. – 2014. – С. 100–29.

13. Рубинский А. В. Медико-биологические подходы к проблемам безопасной эксплуатации магнитолевитационного транспорта / А. В. Рубинский, Л. А. Носкин // Транспортные системы и технологии. – СПб.: ПГУПС, 2016. – № 4 (6). – С. 114–127. – URL: <http://www.transssyst.ru/vypusk-46-2016.html> (26.04.2017).

14. Герасимова Л. С. Spiro-артерио-кардио-ритмография как дифференциатор индивидуального адаптогенеза при медитации / Л. С. Герасимова, Н. Д. Шандыбина, Л. А. Носкин, А. В. Рубинский, К. Павлидис // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2016. – №1(15). – С. 22–27.

#### **Сведения об авторах:**

ВЛАСОВ Тимур Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, декан лечебного факультета ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Минздрава РФ.

E-mail: tvlasov@yandex.ru

РУБинский Артемий Владимирович, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры медицинской реабилитации и адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова» Минздрава РФ.

E-mail: rubinskiyav@1spbgmu.ru