



Русаков Н.В., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Гошин М.Е., Банин И.М.

Гигиеническая оценка комплекса физико-химических факторов, воздействующих на человека в помещениях различного назначения медицинских организаций стационарного типа

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

Введение. В работе представлены результаты гигиенической оценки комплекса физико-химических факторов, воздействующих на пациентов и персонал в помещениях различного функционального назначения медицинских организаций стационарного типа (МОСТ).

Материалы и методы. Комплексная гигиеническая оценка внутренней среды лечебных помещений проведена на базе трёх МОСТ. Объектами исследований являлись отделения физиотерапии, операционные блоки, процедурные, перевязочные, лабораторно-диагностические кабинеты, лечебные палаты и вспомогательные помещения. Исследования включали замеры параметров микроклимата, шума, интенсивности электромагнитного излучения (ЭМИ) разного частотного диапазона, ионного режима, оценку естественного освещения, искусственной освещённости, инсоляционного режима, уровня гамма-излучения, измерения концентраций диоксида углерода, кислорода, озона, радона, паров ртути и летучих органических соединений.

Результаты. Показано, что в условиях внутрибольничной среды на человека действует целый комплекс физических факторов. Одним из наиболее значимых факторов внутрибольничной среды, требующих постоянного контроля, являются микроклиматические параметры. Особенно актуален контроль данного фактора в зданиях МОСТ, не оборудованных системой кондиционирования воздуха. В кабинетах физиотерапии и в диагностических кабинетах выявлены наиболее высокие уровни шума. Основным источником шума в кабинетах является работающая аппаратура, в палатах – разговорная речь. Установлено, что основную электромагнитную нагрузку как пациенты, так и медицинские работники также получают в диагностических кабинетах, в лабораторных помещениях и кабинетах физиотерапии. Оценка световой среды показала, что каждое из обследованных помещений обеспечено достаточным уровнем естественного освещения, и продолжительность инсоляции в лечебных палатах соответствовала гигиеническим требованиям. Наиболее высокие уровни искусственной освещённости были в помещениях со светодиодными светильниками. Лёгкие ионы обеих полярностей либо отсутствовали в воздухе обследованных помещений, либо их содержание не превышало минимально необходимую концентрацию. В обследованных помещениях МОСТ были обнаружены более высокие концентрации органических кислот и хлорсодержащих соединений по сравнению с воздухом помещений других общественных зданий. Наибольшее содержание химических веществ в воздушной среде было отмечено в палатах и диагностических кабинетах.

Заключение. Показана необходимость разработки методических рекомендаций проведения контроля физико-химических факторов, воздействующих на пациентов и персонал в помещениях МОСТ. Обоснован перечень приоритетных показателей физических факторов для проведения риск-ориентированного контроля в помещениях МОСТ с учётом их функционального назначения.

Ключевые слова: помещения медицинских организаций; микроклимат; шум; электромагнитное излучение; освещение; инсоляция; газовый состав воздуха; аэроионы; озон

Для цитирования: Русаков Н.В., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б., Гошин М.Е., Банин И.М. Гигиеническая оценка комплекса физико-химических факторов, воздействующих на человека в помещениях различного назначения медицинских организаций стационарного типа. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (6): 546-554. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-546-554>

Для корреспонденции: Калинина Наталья Валентиновна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва. E-mail: NKalinina@cspmz.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Русаков Н.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Калинина Н.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Гапонова Е.Б., Гошин М.Е., Банин И.М. – сбор и обработка материала, статистическая обработка. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 12.02.2021 / Принята к печати 10.03.2021 / Опубликовано 28.06.2021

Nikolay V. Rusakov, Natalia V. Kalinina, Elena B. Gaponova, Mikhail Ye. Goshin, Ilya M. Banin

Hygienic assessment of the complex of physical and chemical factors affecting a person in rooms of the different purpose in in-patients medical institutions

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation

Introduction. The paper presents the hygienic assessment of the complex physical and chemical factors affecting patients and staff in the different premises of institutional medical organizations.

Material and methods. The comprehensive hygienic assessment of the internal environment of medical institutions was based on three in-patient medical institutions (IMI). The research objects were medical wards, operating rooms, treatment rooms, dressing rooms, physiotherapy rooms, laboratory and diagnostic rooms, utility rooms. The study included measurements of the following parameters: microclimate, noise, electromagnetic fields level in different frequency ranges, ion regime, assessment of natural light, artificial light, insolation, gamma radiation level, measurements of concentrations of carbon dioxide, oxygen, ozone, radon, mercury vapor, and volatile organic compounds.

Results. It is shown that in the hospital environment, a person is affected by complex physical factors. Microclimatic parameters are one of the most significant factors in the hospital environment that require constant monitoring. The control of the given factor is exceptionally substantial in IMI buildings that are not equipped with in-patients an air conditioning system. The highest noise levels were found in physiotherapy rooms and diagnostic rooms. The primary source of noise in medi-

cal rooms is working equipment, inwards – conversational speech. Both patients and medical workers were established to receive the main electromagnetic load in diagnostic rooms, laboratory rooms, and physiotherapy rooms. The assessment of the light environment showed that each of the examined rooms was provided with a sufficient level of natural light, and the duration of insolation in the treatment rooms corresponded to hygienic requirements. The highest levels of artificial light were in rooms with led lights. In the air of the examined rooms, light ions of both polarities were either absent, or their content was below the minimum required concentration. Higher concentrations of organic acids and chlorine-containing compounds were found in the surveyed premises of IMO compared to the air in other public buildings. The highest concentration of chemical compounds in the air was observed in wards and diagnostic rooms.

Conclusion. The need for regular monitoring of physical and chemical factors affecting patients and staff in IMI is justified. A list of physical factors for carrying out risk-oriented control in hospital premises, taking into account their functional purpose, is required.

Keywords: rooms of medical institutions; microclimate; noise; electromagnetic fields; lighting; insolation; air gas composition; aeroions; ozone

For citation: Rusakov N.V., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Goshin M.E., Banin I.M. Hygienic assessment of the complex physical and chemical factors affecting a person in rooms of the different purpose in in-patients medical institutions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2021; 100 (6): 546-554. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-546-554> (In Russ.)

For correspondence: Natalia V. Kalinina, MD, Ph.D., leading researcher, Department of environmental hygiene, Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: NKalinina@cspniz.ru

Information about the authors:

Rusakov N.V., <https://orcid.org/0000-0002-3754-009X>; Kalinina N.V., <https://orcid.org/0000-0001-8444-9662>; Banin I.M., <https://orcid.org/0000-0001-9467-8485>
Gaponova E.B., <https://orcid.org/0000-0001-9259-0009>; Goshin M.E., <https://orcid.org/0000-0001-7251-3938>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution of the authors: Rusakov N.V. – the concept and design of the study, editing; Kalinina N.V. – the concept and design of the study, the collection and processing of the material, writing a text; Gaponova E.B., Goshin M.E., Banin I.M. – the collection and processing of the material, statistical analysis. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: February 12, 2021 / Accepted: March 10, 2021 / Published: June 28, 2021

Введение

Основная задача деятельности лечебных учреждений заключается в наиболее полном и быстром восстановлении здоровья пациентов и предупреждении развития осложнений болезни [1]. При этом наряду с обеспечением диагностического и лечебного процессов не менее значимо создание в медицинских организациях стационарного типа (МОСТ) бытовых условий пребывания пациентов, способствующих их быстрейшему выздоровлению и препятствующих возникновению внутрибольничных инфекций у больных и медицинского персонала [2, 3]. Также в помещениях МОСТ необходимо создавать здоровые условия труда и быта медицинского персонала, что является сложной задачей ввиду большого разнообразия характера трудового процесса и требующих учёта факторов риска [4–7].

В то же время в помещениях современных МОСТ благодаря повышению технической оснащённости лечебных учреждений, внедрению современного оборудования, аппаратуры, инструментария, новых лекарственных средств и методов лечения на больного и на медицинский персонал действует целый комплекс факторов не только биологической природы (бактерии, вирусы, грибы), но и физико-химической природы (микробиологические параметры, электромагнитные излучения (ЭМИ) разной частоты, освещение, инсоляция, шумовой режим, ионно-озонный комплекс, УФ-излучение, химическое загрязнение воздушной среды, газовый состав воздуха). Данные факторы формируют особую внутреннюю среду в помещениях МОСТ, которая может оказывать как положительное, так и негативное влияние на процессы лечения и выздоровления человека.

Цель работы – проведение комплексной гигиенической оценки внутренней среды помещений МОСТ и получение материалов для обоснования перечня приоритетных показателей качества и безопасности внутрибольничной среды, которые необходимо контролировать в разных типах помещений в зависимости от их функционального назначения.

Материалы и методы

Комплексная гигиеническая оценка внутренней среды лечебных помещений проведена на базе трёх наиболее распространённых типов медицинских организаций, в которых оказываются медицинские услуги в стационарных условиях: в клинических корпусах многопрофильной городской больницы, лечебных корпусах научно-исследовательского института и родильном доме. Объектами исследований яв-

лялись: лечебные палаты, операционные блоки, процедурные, перевязочные, смотровые, помещения физиотерапии, лабораторно-диагностические помещения, вспомогательные помещения. Всего было обследовано 96 помещений различного назначения, из них: 28 лечебных палат и боксов, 16 помещений операционных блоков, процедурных и перевязочных, 25 диагностических и лабораторных кабинетов, 10 физиотерапевтических помещений, 7 служебных кабинетов, 3 помещения пищеблока и 7 вспомогательных помещений (коридоры, буфеты). Такой выбор объектов исследований позволил оценить весь комплекс факторов, воздействующих на человека в помещениях различного функционального назначения.

Исследования включали замеры параметров микроклимата, уровня звука, уровня звукового давления в октавных частотах, интенсивности ЭМИ разного частотного диапазона, ионного режима, оценку естественного освещения, искусственной освещённости, инсоляционного режима, уровня гамма-излучения, замеры работы вентиляционной системы. Кроме того, проведены измерения концентраций диоксида углерода, кислорода, озона, радона, паров ртути и летучих органических соединений. Оценка параметров микроклимата в обследуемых помещениях проводили в соответствии с ГОСТ 30494-11¹. Замеры температуры, влажности и скорости движения воздуха проводили в центре помещения на уровне 0,1; 0,8 и 1,7 м от поверхности пола.

Температуру и относительную влажность воздуха измеряли термоанемометром Testo 625, скорость движения воздуха – анемометром Testo 410.

Замеры интенсивности ЭМИ проведены с использованием следующих приборов: интенсивность электрических и магнитных полей в диапазонах частот от 5 Гц до 2 кГц и от 2 до 400 кГц оценивали измерителем параметров магнитного и электрического полей трёхкомпонентным ВЕ-метр-АТ-003; интенсивность ЭМИ промышленной частоты 50 Гц – измерителем напряжённости поля промышленной частоты ПЗ-50 и измерителем электрического и магнитного полей ЕФА-300; интенсивность электромагнитных полей радиочастотного диапазона – измерителем напряжённости поля и плотности потока энергии ПЗ-41.

Для оценки шумового режима в помещениях проведены замеры уровня звука и уровня звукового давления шумометром ШИ-01В.

¹ ГОСТ 30494-11 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Москва, Стандартинформ; 2013: 1–15.

Таблица 1 / Table 1

Микроклиматические параметры воздуха в обследованных помещениях
Microclimatic parameters of air in the examined rooms

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards <i>n</i> = 28	оперблоki, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms <i>n</i> = 16	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms <i>n</i> = 25	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms <i>n</i> = 10	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors) <i>n</i> = 17
Температура воздуха в зимний сезон, °С Air temperature in winter season, °С					
диапазон значений range of values	25.7–27.2	23.5–26.5	25.7–27.7	24.7–28.4	22.7–26.2
средняя, <i>M</i> ± <i>m</i> average, <i>M</i> ± <i>m</i>	26.6 ± 0.07	24.4 ± 0.22	26.6 ± 0.1	26.0 ± 0.4	24.8 ± 0.24
Температура воздуха в летний сезон, °С Air temperature in the summer season, °С					
диапазон значений range of values	21.7–28.3	23.4–26.2	23.4–28.7	21.7–29.4	21.1–27.2
средняя, <i>M</i> ± <i>m</i> average, <i>M</i> ± <i>m</i>	25.6 ± 0.31	25.4 ± 0.21	25.4 ± 0.27	26.5 ± 0.83	24.8 ± 0.42
Влажность воздуха в зимний сезон, % Air humidity in the winter season, %					
диапазон значений range of values	20.4–42.6	26.5–29.2	17.1–36.0	46.2–63.8	19.8–33.5
средняя, <i>M</i> ± <i>m</i> average, <i>M</i> ± <i>m</i>	32.0 ± 1.06	28.2 ± 0.2	33.7 ± 0.98	31.4 ± 1.9	27.3 ± 0.9
Скорость движения воздуха, м/с Air speed, m/s					
диапазон значений range of values	0.0–0.3	0.0–0.15	0.0–0.4	0.0–0.0	0.0–0.12

Замеры искусственной освещённости проведены с помощью люксметра «Argus-01». Исследования естественного освещения и инсоляции помещений проведены расчётным методом по методике, изложенной в СП 23-102-2003² и ГОСТ Р 57795-2017³.

Дозиметрические замеры мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения во всех обследованных помещениях и эквивалентной равновесной объёмной активности проведены в подвальных помещениях и в помещениях, расположенных на первых этажах. Измерения проводили дозиметром ДРГ-01 Т и радиометром РРА-01 М.

Концентрацию ионов определяли с использованием прибора «Счётчик аэроионов МАС-01». Нормируемые показатели аэроионного состава воздуха помещений – это концентрации аэроионов обеих полярностей ро⁺, ро⁻ в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³) и коэффициент униполярности У, определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности.

Замеры концентрации озона проводили с использованием газоанализатора озона 3.02П-Р, кислорода – газоанализатора ПКГ-4, диоксида углерода – газоанализатора оптического Оптогаз 500.4С. Содержание паров ртути в воздухе помещений определяли с использованием анализатора ртути, модель РА-915М.

Для определения комплекса химических веществ, загрязняющих воздушную среду помещений, применяли хромато-масс-спектрометрические и фотоколориметрические методы. Хромато-масс-спектрометрические исследования проводили на хромато-масс-спектрометре Focus DS с DSQ (США) в лабораторно-аналитическом центре ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

² СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий. М., 2005: 1–88.

³ ГОСТ Р 57795-2017 Здания и сооружения. Методы расчёта продолжительности инсоляции. Москва, Стандартинформ; 2017: 1–62.

Результаты

Среди физических факторов внутрибольничной среды, влияющих на организм больного, в первую очередь надо выделить микроклимат. Создание оптимальных микроклиматических условий в помещениях стационаров является одним из важнейших факторов, нормализующих гомеостаз организма больного, а в ряде случаев является дополнительным фактором, повышающим эффективность лечебного процесса. Измерения параметров микроклимата проводили во всех обследованных помещениях и включали замеры температуры и относительной влажности воздуха, а также скорости движения воздуха внутри помещения. В табл. 1 представлены обобщённые результаты замеров микроклиматических параметров в различных типах помещений МОСТ.

Как в соответствии с требованиями ранее действующего СанПиН 2.1.3.2630-10⁴, так и по требованиям новых нормативных документов (СН 2.1.3678-20⁵, СанПиН 1.2.3685-21⁶), в помещениях медицинских организаций нормируются только допустимые параметры температуры и влажности, которые в отличие от жилых помещений и помещений других общественных зданий являются единственными независимо от сезонов года. При этом температура в палатах должна быть в пределах 20–26 °С, в кабинетах врачей и процедурных – 20–27 °С, в оперблоке – 21–24 °С. Скорость

⁴ СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. Москва, Роспотребнадзор; 2010: 1–256.

⁵ СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 24 декабря 2020 г. № 44.

⁶ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28 января 2021 г.

Таблица 2 / Table 2

Результаты замеров шума в помещениях МОСТ
Results of noise measurements in in-patients medical institutions (IMI)

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards	оперблоki, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors)
	<i>n</i> = 20	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 15	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 17
Максимальные уровни звука, дБА Maximum sound levels, dBA					
диапазон значений range of values	27.2–55.1	33.1–45.2	45.8–65.1	53.1–62.5	44.7–64.0
средняя, <i>M</i> ± <i>m</i> average, <i>M</i> ± <i>m</i>	41.1 ± 1.7	34.3 ± 1.31	53.6 ± 1.49	57.9 ± 1.02	53.4 ± 0.93
Эквивалентные уровни звука, дБА Equivalent sound levels, dBA					
диапазон значений range of values	25.1–50.9	28.3–32.2	30.8–58.0	52.1–61.5	38.3–60.0
средняя, <i>M</i> ± <i>m</i> average, <i>M</i> ± <i>m</i>	34.2 ± 1.59	30.1 ± 0.4	44.7 ± 2.1	56.9 ± 1.02	50.4 ± 0.8

движения воздуха в лечебно-диагностических кабинетах и палатах не должна превышать 0,2 м/с, относительная влажность – 60%.

Установлено, что в летний сезон во всех функциональных помещениях МОСТ температура воздуха колебалась в широких пределах и практически соответствовала температуре окружающего атмосферного воздуха. Так, в лечебных палатах температура воздуха в летние месяцы составила от 21,7 до 28,3 °С, что превышает верхнюю границу нормы более чем на 2 °С.

Также превышение допустимых температурных значений отмечено в диагностических и физиотерапевтических кабинетах как в зимний, так и в летний период, что связано в первую очередь с использованием теплообразующего оборудования.

Относительная влажность воздуха в зимний период года в большинстве помещений была ниже 30%, что является общеизвестной проблемой в зимний период в некондиционируемых помещениях. Особенно сухой воздух отмечался в лечебных палатах и диагностических кабинетах. Известно, что относительная влажность менее 20% вызывает ощущение сухости слизистых оболочек, приводит к снижению их барьерной функции и созданию благоприятных условий для проникновения инфекции.

Повышенная влажность воздуха как в летний, так и в зимний сезоны года отмечена в ингаляторных кабинетах физиотерапевтического отделения. В других обследованных помещениях относительная влажность воздуха не превышала гигиенический норматив.

Замеры скорости движения воздуха в помещениях МОСТ показали, что в большинстве обследованных помещений отсутствует движение воздуха. При неработающей вентиляции только в коридорах скорость движения воздуха составила 0,0–0,12 м/с. В ряде обследованных помещений при работе вентиляции скорость движения воздуха увеличивается до 0,3–0,4 м/с, что вызывает у пациентов и персонала жалобы и является причиной отключения работы вентиляции.

Таким образом, помимо лечебных палат особое внимание при контроле микроклиматических параметров должно уделяться помещениям функциональной диагностики и физиотерапевтических отделений.

Одним из существенных элементов лечебно-охранительного режима МОСТ является обстановка покоя, необходимым компонентом которого является соблюдение тишины. Помимо проникающего с улицы транспортного шума ос-

новной составляющей шумового фона лечебных стационаров являются внутрибольничные шумы. Они складываются в основном из разговорного шума, шума от работающего инженерного оборудования (санитарно-техническое оборудование, вентиляционные системы, лифты), шума при движении неисправных каталок, тележек, колясок, шума от работающей медицинской аппаратуры.

Проведена оценка шумового режима практически во всех функциональных помещениях при разных режимах их эксплуатации. Результаты замеров максимального и эквивалентного уровней звука представлены в табл. 2.

Уровни шума в лечебных палатах в дневное время составляли 27,2–55,1 дБА. Превышение допустимого уровня звука отмечено только в палатах с числом пациентов 6 и более человек. В большинстве обследованных помещений шум имел непостоянный характер. Основными источниками шума в палатах, в кабинетах врачей, процедурных, перевязочных являются разговорная речь и работающая оргтехника. В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 максимальные уровни звука непостоянного шума в дневное время в палатах и кабинетах врачей не должны превышать 50 дБА, эквивалентные – 35 дБА.

В результате проведенных замеров установлено, что наиболее высокая шумовая нагрузка как на пациентов, так и на медицинский персонал установлена в кабинетах физиотерапии и в диагностических кабинетах, где основным источником шума являлась работающая аппаратура. Максимальный уровень звука в диагностических кабинетах при работающей аппаратуре составлял от 45,8 до 65,1 дБА. В большинстве диагностических, лабораторных и физиотерапевтических кабинетов при работающих приборах шум имел постоянный характер.

В ряде обследованных диагностических кабинетов с работающей техникой уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 250 Гц и выше превышали допустимые уровни по отдельным частотам на 20 дБ и более.

ЭМИ как фактор внутрибольничной среды имеет двустороннюю значимость. С одной стороны, ЭМИ применяется в лечебных и диагностических целях, а с другой – может оказывать неблагоприятное влияние как на пациентов, так и на медицинский персонал. Внешними источниками ЭМИ в МОСТ, как и в других зданиях, являются теле- и радиостанции, радиолокационные установки. К внутренним источникам относятся электропроводка и приборы,

Таблица 3 / Table 3

Результаты измерений уровней ЭМИ промышленной частоты (50 Гц) в помещениях лечебно-профилактических организаций
The results of measurements of power-frequency EMF (50 Hz) in the premises of medical institutions

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards	оперблоki, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors)
	количество замеров / number of measurements				
	70	14	76	22	18
Напряжённость электрического поля, В/м Electric field intensity, V/m					
диапазон значений range of values	4.6–140	5.3–400	5.73–500	15–540	5.37–259
средняя, $M \pm m$ average, $M \pm m$	32.5 \pm 5.4	100.7 \pm 15.5	106.5 \pm 15.5	150.4 \pm 17.1	89.3 \pm 11.1
Магнитная индукция, мкТл Magnetic induction, mT					
диапазон значений range of values	0.053–1.3	0.074–0.9	0.06–310	0.05–0.24	0.06–0.23
средняя, $M \pm m$ average, $M \pm m$	0.16 \pm 0.03	0.29 \pm 0.08	11.9 \pm 1.8	0.11 \pm 0.01	0.11 \pm 0.02

обеспечивающие подачу электричества, аппараты физиотерапии, лабораторно-диагностическое оборудование, видеотерминалы, компьютеры, оргтехника, телевизоры, различные электроприборы.

Результаты измерений уровней ЭМИ промышленной частоты (50 Гц) в разных типах помещений представлены в табл. 3.

Напряжённость электрического поля и уровень магнитной индукции промышленной частоты 50 Гц в диагностических и лабораторных помещениях не превышали нормативных показателей. Однако работающее диагностическое и лабораторное оборудование способствует увеличению электромагнитной нагрузки как на персонал, так и на пациентов по сравнению с фоновыми показателями. Так, в некоторых диагностических кабинетах показатели напряжённости электрической составляющей ЭМИ достигали 500 В/м. В одном из кабинетов ультразвуковой диагностики с обратной стороны монитора напряжённость электрического поля составляла 471 В/м, а уровень магнитной индукции – 310 мкТл.

В процедурных и перевязочных, а также во вспомогательных помещениях, как правило, отсутствуют источники ЭМИ, превышающих нормативные показатели.

Также источником несколько повышенного ЭМИ является электропроводка. Так, в процедурном кабинете на рабочем месте медсестры на расстоянии 30 см от разводки электроэнергии зафиксирована напряжённость электрического поля промышленной частоты 50 Гц на уровне 400 В/м; в холодном цехе пищеблока на расстоянии 10 см от электророзеток напряжённость электрического поля промышленной частоты 50 Гц составила 259 В/м.

Наименьшие уровни электромагнитных полей зафиксированы в палатах. Несколько повышают уровень ЭМИ промышленной частоты 50 Гц бытовая техника, телевизоры (до 140 В/м), а также электрораспределительные щиты (до 38 В/м).

Наиболее высокие показатели напряжённости электрического поля во всех частотных диапазонах отмечены в физиотерапевтическом отделении, что связано с работой лечебного и диагностического оборудования.

Важное значение для создания комфортных и здоровых условий в лечебных учреждениях имеет световая среда, которая характеризуется показателями естественного и искусственного освещения, а также временем пребывания солнечного луча в помещении (инсоляцией).

Следует отметить особое значение психофизиологического и общеоздоровительного воздействия солнечного света на организм, а также его бактерицидный эффект, который играет важную роль в обеззараживании помещений, что становится особенно актуальным в больничных условиях. В соответствии с гигиеническими требованиями не менее 60% лечебных палат должны быть обеспечены нормативной продолжительностью инсоляции.

В наших исследованиях проведён расчёт продолжительности инсоляции в 28 лечебных палатах, в которых проводили комплексную оценку внутренней среды. В результате проведённых расчётов установлено, что из 28 обследованных палат 7 (25%) из-за северной ориентации окон не инсолировались. В остальных палатах продолжительность непрерывной инсоляции с апреля по август составила от 2 до 6 ч, что соответствует гигиеническим требованиям.

В палатах без инсоляции установлено снижение температуры воздуха в летний период на 0,8–1,2 °С по сравнению с тем же периодом в инсолируемых палатах. Относительная влажность воздуха была на 3–5% выше. Все выявленные различия относились к летнему периоду наблюдений. В зимний период достоверных различий не выявлено.

При оценке условий освещения в обследованных помещениях МОСТ определялись уровни естественного и искусственного освещения на рабочих местах персонала и у кровати пациентов. Гигиенические требования к освещению больничных помещений определяются их функциональным назначением.

В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 5.25 и 5.54) в кабинетах врачей коэффициент естественного освещения (КЕО) не должен быть менее 1–1,5% (в зависимости от специализации врачей), в лечебных палатах для взрослых – не менее 0,5.

Нормативное значение КЕО в служебных помещениях МОСТ должно быть обеспечено в точке, расположенной в геометрическом центре помещения на уровне рабочей поверхности, в палатах – на уровне пола. Результаты оценки световой среды в обследованных помещениях представлены в табл. 4.

Установлено, что каждое из обследованных помещений обеспечено достаточным уровнем естественного освещения. При этом КЕО в лечебных палатах составил 0,78% и более, в служебных кабинетах – от 0,6 до 2,5%, в помещениях пищеблока – от 0,35 до 1,2%. В ряде лабораторных помещений 0,6–0,74%, что соответствует требованиям с учётом использования системы совмещённого освещения.

Таблица 4 / Table 4

Результаты оценки световой среды Results of the assessment of the light environment

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards	оперблоки, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors)
	<i>n</i> = 28	<i>n</i> = 16	<i>n</i> = 25	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 17
Продолжительность инсоляции Duration of insolation	2.0–6.0	н/н n/s	н/н n/s	н/н n/s	н/н n/s
Уровень естественного освещения (КЕО), % Natural light level, %	0.78–1.2	1.7–2.5	0.6–1.5	0.7–1.7	0.35–1.2
Искусственная освещённость, лк Artificial light, lux	65–450	250–1100	120–600	120–500	60–400
Коэффициент пульсации, % Ripple coefficient, %	2.0–25	1.0–20	1.0–28	1.0–30	0.0–30

Примечание. н/н — продолжительность инсоляции не нормируется.

Note. n/s — the duration of insolation is not standardized.

Искусственная освещённость на рабочих местах составляла в среднем от 300 до 1100 лк, что соответствует нормативным требованиям с учётом функционального назначения помещений. При этом наиболее высокие уровни освещённости зафиксированы в помещениях со светодиодными светильниками, в этих же помещениях коэффициент пульсации был значительно ниже по сравнению с люминесцентным освещением. В большинстве обследованных помещений (62%), оснащённых люминесцентными светильниками, коэффициент пульсации превышал допустимые значения.

Одним из параметров, характеризующих воздушный дискомфорт в закрытых помещениях, является изменение ионного режима в них по сравнению с окружающим атмосферным воздухом. Деионизированный воздух может негативно влиять на организм человека, особенно большого, приводя к возникновению раздражительности, ощущению усталости, недостатка свежего воздуха и вследствие этого — замедлению процессов выздоровления [8–10].

Ионный режим помещений определяется уровнем присутствия электрически заряженных частиц в воздушной среде положительной и отрицательной полярности.

Результаты проведённых исследований ионного режима представлены в табл. 5.

Результаты исследования свидетельствуют, что даже в помещениях, где работала вентиляция, концентрация аэроионов в воздухе была значительно ниже их содержания в окружающем атмосферном воздухе, так как в системах вентиляции и кондиционирования атмосферный воздух проходит комплексную обработку, подвергаясь операциям нагрева, охлаждения, увлажнения и очистки. Такие процессы искусственной обработки атмосферного воздуха «денатурируют» его, то есть изменяют его природные свойства, и в первую очередь приводят к снижению содержания в нём аэроионов.

Следует отметить, что в помещениях с деионизированным воздухом концентрация диоксида углерода была более высокой, чем в помещениях с ионизированным воздухом. На содержание лёгких аэроионов в воздухе помещений помимо длительного пребывания большого количества людей и плохой работы вентиляции негативное влияние оказывает работающая электронная техника, в том числе персональные компьютеры.

В кабинетах медицинских работников на рабочих местах вблизи работающих персональных компьютеров воздух был

полностью деионизирован. Это можно объяснить притяжением отрицательных ионов к экрану монитора, находящегося под положительным потенциалом, и отталкиванием от него положительных ионов.

Проведены дозиметрические замеры мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения во всех обследованных помещениях. Кроме того, в подвальных помещениях обследуемых корпусов МОСТ замерена эквивалентная равновесная активность радона (ЭРОА). Во всех обследованных помещениях мощность дозы гамма-излучения не превышала естественного радиационного фона более чем на 3 мкР/ч. Согласно нормативным данным, такая разница считается безопасной и не требует какого-либо вмешательства по проведению мероприятий. Содержание радона в воздухе обследованных помещений не обнаружено.

Для оценки уровня химического загрязнения воздушной среды в помещениях МОСТ отобраны пробы воздуха в помещениях — представителях основных функциональных направлений деятельности: в лечебных палатах, перевязочных, процедурных, оперблоках, кабинетах функциональной диагностики, в коридорах и пищеблоке. Помимо летучих органических соединений (ЛОС) в каждом обследованном помещении проведены замеры концентраций паров ртути и озона, а также контролировали содержание кислорода и диоксида углерода. В табл. 6 представлены диапазоны суммарного содержания химических веществ в воздухе обследованных помещений.

В воздушной среде обследованных помещений идентифицировано от 25 до 43 химических соединений, относящихся к различным группам летучих органических веществ (предельным, непредельным, ароматическим, циклическим, терпеновым углеводородам, кислородсодержащим, в частности спиртам, эфирам, альдегидам, кетонам, органическим кислотам, а также хлорсодержащим соединениям). Основной вклад в суммарное содержание всех обнаруженных соединений вносили следующие вещества: этанол, этилацетат, ацетон, пропилацетат, уксусная кислота, дихлор-, тетра-лорметаны, терпеновые углеводороды.

Все идентифицированные вещества присутствовали в концентрациях, не превышающих гигиенические нормативы. Среди перечня идентифицированных веществ для более 70% соединений не установлены гигиенические нормативы.

В то же время в обследованных помещениях МОСТ были обнаружены более высокие концентрации органиче-

Таблица 5 / Table 5

Характеристика ионного режима в обследуемых помещениях МОСТ
Characteristics of the ion regime in the examined IMI rooms

Помещение Type of premises	Условия и место измерения Conditions and place of measurement	Количество аэроионов, ион/см ³ Number of aeroions, ion/cm ³		Коэффициент униполярности Unipolarity coefficient
		отрицательные negative	положительные positive	
Атмосферный воздух Atmospheric air	На территории размещения лечебных зданий On the territory of medical buildings	780–1500	650–2000	0.7–1.2
Лечебные палаты Wards	С вентиляцией With ventilation	210–470	250–500	0.8–1.1
	Без вентиляции No ventilation	< 10–110	< 10–150	1.4
Процедурные Treatment rooms	Центр помещения Center of the room	< 10–310	< 10–450	0.6–1.5
Операционные, перевязочные Operblocks, dressing rooms	Центр помещения Center of the room	310–550	200–650	0.6–1.1
Палата реанимации Intensive care unit	Центр помещения Center of the room	410–550	300–470	0.6–0.8
Диагностические кабинеты Diagnostic rooms	Центр помещения Center of the room	100–270	150–350	0.8–1.7
Кабинеты физиотерапии Physiotherapy rooms	Центр помещения Center of the room	100–270	150–350	0.8–1.7
	Место пациента у включённых ингаляторов Patient's place at the switched on inhalers	330–470	140–440	0.42–0.94
Кабинеты врачей, служебные кабинеты Doctor's rooms, office rooms	Центр помещений Center of the rooms	< 10–210	< 10–250	1.4
	На рабочем месте, ПК включен At the workplace, the PC is turned on	< 10–70	< 10–150	2.1

Таблица 6 / Table 6

Результаты оценки химического загрязнения воздуха в помещениях МОСТ
Results of the assessment of chemical air pollution in the premises of IMO

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards	оперблоку, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors)
Сумма ЛОС, мг/м ³ Total amount of Volatile Organic Compounds (VOC), mg/m ³	0.63–1.67	0.27–0.45	0.36–1.29	0.35–0.88	0.38–1.45
Содержание паров ртути, мг/м ³ Mercury vapor content, mg/m ³	0.0–0.00005	0.0–0.00003	0.0–0.00003	0.0–0.00004	0.0–0.00005
Концентрация озона, мг/м ³ : Ozone concentration, mg/m ³ :					
летний период summer period	0.0–0.03	0.01–0.05	0.0–0.05	0.02–0.05	0.0–0.01
зимний период winter period	0.0–0.01	0.0–0.03	0.0–0.02	0.0–0.03	0.0
Содержание диоксида углерода, ppm Carbon dioxide content (pm)	400–1600	400–610	600–1200	500–800	450–710
Концентрация кислорода, % Oxygen concentration, %	20.6–20.8	20.8–21.4	19.0–20.1	20.0–20.9	20.8–21.0

Приоритетные показатели качества и безопасности внутрибольничной среды
Priority indicators of the quality and safety of the hospital environment

Показатель Parameter	Объект исследования The research objects				
	палаты wards	оперблоki, процедурные, перевязочные operblocks, treatment rooms, dressing rooms	диагностические и лабораторные помещения diagnostic and laboratory rooms	физиотерапевтические отделения physiotherapy rooms	вспомогательные помещения (пищеблок, коридоры) auxiliary premises (catering, corridors)
Микроклиматические параметры Microclimatic parameters	+	–	+	+	–
Уровни шума Noise levels	+	–	+	+	+
Интенсивность ЭМИ EMI intensity	–	–	+	+	–
Естественное освещение Natural light	+	+	+	–	–
Искусственная освещённость Artificial illumination	–	+	–	–	–
Инсоляция Insolation	+	–	–	–	–
Содержание в воздухе ЛОС VOC content in the air	+	–	+	–	–
Газовый состав Gas composition	+	–	–	–	–

ских кислот и хлорсодержащих соединений по сравнению с воздухом помещений других общественных зданий. Наибольшее содержание химических веществ в воздушной среде было отмечено в палатах и диагностических кабинетах.

Концентрация паров ртути во всех обследованных помещениях не превышала гигиенический норматив и зарегистрирована на уровне следовых концентраций. Результаты замеров содержания озона в воздухе обследованных помещений МОСТ показали, что в летний период концентрация озона в воздухе помещений составляла 0,005–0,03 мг/м³, в осенне-зимний период (сезон закрытых окон) содержание озона в воздухе обследованных помещений не обнаружено.

Обсуждение

Проведённые исследования показали, что в условиях внутрибольничной среды на человека действует целый комплекс физических факторов, которые в зависимости от интенсивности и направленности действия могут как способствовать быстрому выздоровлению пациентов, так и оказывать негативное влияние на процессы восстановления здоровья и приводить к развитию осложнений, связанных с внутрибольничной средой.

Основными действующими гигиеническими документами, регламентирующими проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и помещений МОСТ, в настоящее время являются СН 2.1.3678-20 и СанПиН 1.2.3685-21. Анализ данных вновь разработанных документов показал, что гигиенические нормативы по основным физическим факторам, установленные для палат и кабинетов медицинского персонала, практически одинаковы за исключением требований к параметрам световой среды. В то же время результаты наших исследований показали, что интенсивность воздействия оцениваемых факторов в разных по функциональному назначению помещениях МОСТ различна. На основании результатов проведённых исследований составлен перечень приоритетных показателей физико-химических факторов для проведения риск-ориентированного контроля

в помещениях МОСТ различного функционального назначения (табл. 7).

Сравнительная оценка физико-химических факторов, воздействующих на человека в условиях пребывания в различных функциональных помещениях МОСТ, показала, что в лечебных палатах наибольшее гигиеническое значение имеют микроклиматические параметры, шумовая нагрузка, газовый состав воздуха. В помещениях оперблоков, перевязочных, процедурных приоритетное значение имеют световая среда; в лечебно-диагностических и лабораторных помещениях – интенсивность ЭМИ, уровни шума, температура воздуха; в кабинетах физиотерапии – температура и относительная влажность воздуха, ЭМИ, уровни шума; вспомогательные помещения (пищеблоки, буфеты, холлы, коридоры) – шумовая нагрузка, бактериальное и паразитарное загрязнение поверхностей.

Одним из наиболее значимых факторов внутрибольничной среды, требующих постоянного контроля, являются микроклиматические параметры. Особенно актуален контроль данного фактора в зданиях МОСТ, не оборудованных системой кондиционирования воздуха. Превышение допустимых температурных значений отмечено в диагностических и физиотерапевтических кабинетах как в отапливаемый, так и в не отапливаемый периоды.

В кабинетах физиотерапии и в диагностических кабинетах выявлены наиболее высокие уровни шума. Основным источником шума в кабинетах является работающая аппаратура, в палатах – разговорная речь. Установлено, что основную электромагнитную нагрузку как пациенты, так и медицинские работники также получают в диагностических кабинетах, в лабораторных помещениях и кабинетах физиотерапии.

Оценка световой среды показала, что каждое из обследованных помещений обеспечено достаточным уровнем естественного освещения, и продолжительность инсоляции в лечебных палатах соответствовала гигиеническим требованиям. Наиболее высокие уровни искусственной освещённости были в помещениях со светодиодными светильниками,

в этих же помещениях коэффициент пульсации был значительно ниже по сравнению с люминесцентным освещением. В 62% помещений, оснащённых люминесцентными светильниками, коэффициент пульсации превышал допустимые значения, что указывает на использование старых ламп, выработавших свой ресурс.

В воздухе большинства обследованных помещений лёгкие ионы обеих полярностей либо отсутствовали, либо их содержание было ниже минимально необходимой концентрации. Отсутствие ионизации воздуха в первую очередь отмечено в лечебных палатах, а также в некоторых процедурных и служебных кабинетах без вентиляции.

В воздушной среде обследованных помещений основной вклад в суммарное содержание всех обнаруженных химических соединений вносили: этанол, этилацетат, ацетон, пропилацетат, уксусная кислота, дихлор-, тетрахлорметаны, терпеновые углеводороды. Наибольшее содержание химических веществ в воздушной среде было отмечено в палатах и диагностических кабинетах.

Следует отметить, что в отличие от микробиологического мониторинга контроль физических и химических факторов, воздействующих на пациентов и медперсонал в помещениях МОСТ, либо отсутствует, либо проводится на недостаточном методическом уровне, что обусловлено в первую очередь отсутствием на сегодняшний день нормативно-методического документа по проведению комплексной гигиенической оценки внутренней среды помещений МОСТ с учётом всего комплекса воздействующих факторов.

В действующих нормативно-методических документах только в СН 2.1.3678-20 (п. 4.5.30) содержится требование, что в рамках проведения производственного контроля должен проводиться контроль за параметрами микроклимата и показателями микробной обсеменённости воздушной среды с периодичностью не реже 1 раза в 6 мес и загрязнённостью химическими веществами воздушной среды не реже 1 раза в год. По другим факторам требования по проведению контроля отсутствуют.

В связи с вышеизложенным для усовершенствования контроля за качеством и безопасностью внутрибольничной среды необходимо разработать методические рекомендации по проведению гигиенической экспертизы внутренней среды помещений МОСТ с учётом их функционального назначения. В данном методическом документе должны содержаться не только методики проведения замеров того или иного фактора внутрибольничной среды, но и требования к срокам, периодичности исследований с учётом функционального назначения помещений, а также рекомендации, кто и какими методами должен проводить контроль.

Заключение

Результаты проведённых исследований показали, что в ряде обследованных помещений МОСТ разного функционального назначения показатели физических факторов не соответствовали гигиеническим требованиям. При этом установлено, что в лечебных палатах наибольшее гигиеническое значение имеют: микроклиматические параметры, шумовая нагрузка, газовый состав воздуха. В помещениях оперблоков, перевязочных, процедурных приоритетное значение имеет световая среда; в лечебно-диагностических и лабораторных помещениях — интенсивность ЭМИ, уровни шума, температура воздуха; в кабинетах физиотерапии — температура и относительная влажность воздуха, ЭМИ, уровни шума; во вспомогательных помещениях (пищеблоках, буфетах, холлах, коридорах) — температура, скорость движения воздуха, шумовая нагрузка.

Разработка методического документа по проведению гигиенической оценки внутренней среды помещений ЛПУ позволит усовершенствовать проведение санитарно-эпидемиологического надзора за эксплуатацией зданий и помещений медицинских организаций, своевременно выявлять и оценивать возможное негативное влияние факторов риска на здоровье пациентов и медицинского персонала.

Литература

1. Шербо А.П. *Больничная гигиена*. СПб.; 2000.
2. Знаменский А.В. *Госпитальная гигиена: санитарно-эпидемиологические требования к устройству и эксплуатации лечебно-профилактических учреждений*. СПб.: Фолиант; 2004.
3. Войфен В., Обердестер Ф., Крамер А. *Больничная гигиена: гигиена учреждений здравоохранения*. Минск: Беларусь; 1984.
4. Кириллов Р.П. *Гигиена труда врачей хирургического профиля*. М.: Медицина; 1982.
5. Измеров Н.Ф. *Труд и здоровье медиков*. М.: Реальное время; 2005.
6. Федина Н.В. Проблема профессионального риска и качества жизни врачей. *Здравоохранение в Российской Федерации*. 2008; 52(6): 27–30.
7. Дубель Е.В., Унгурияну Т.Н. Гигиеническая оценка условий труда медицинского персонала клинических и параклинических отделений стационара. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 53–7. <https://doi.org/10.18821/0016-99002016-95-1-53-57>
8. Скипетров В.П. *Аэроионы и жизнь*. Саранск: Красный Октябрь; 2011: 50–136.
9. Лысенко А.В., Таятина Т.В., Недоруба Е.А. Оценка влияния степени аэроионизации воздушной среды на функциональное состояние организма спортсменов. *Современные проблемы науки и образования*. 2014; (2): 252–4.
10. Посохин И.И., Лобанов Д.В. Оздоровление воздушной среды помещений путем озонирования и аэроионизации воздуха. *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии*. 2012; (1): 15–20.

References

1. Shcherbo A.P. *Hospital Hygiene [Bol'nichnaya gigiena]*. St. Petersburg; 2000. (in Russian)
2. Znamenskiy A.V. *Hospital hygiene: sanitary and epidemiological requirements for the construction and operation of medical institutions*. St. Petersburg: Foliant; 2004. (in Russian)
3. Voyffen V., Oberdester F., Kramer A. *Hospital Hygiene: Hygiene of Health Care Institutions [Bol'nichnaya gigiena: gigiena uchrezhdeniy zdoravookhraneniya]*. Minsk: Belarus; 1984. (in Russian)
4. Kirillov R.P. *Occupational Health of Surgical Doctors [Gigiena truda vrachey khirurgicheskogo profilya]*. Moscow: Meditsina; 1982. (in Russian)
5. Izmerov N.F. *Labor and Health of Physicians [Trud i zdorov'e medikov]*. Moscow: Real'noe vremya; 2005. (in Russian)
6. Fedina N.V. A problem of physicians' occupational risk and quality of life. *Zdravookhranenie v Rossiyskoy Federatsii*. 2008; 52(6): 27–30. (in Russian)
7. Dubel' E.V., Unguryanu T.N. Hygienic assessment of working conditions for medical personnel in clinical and paraclinical departments of the hospital. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(1): 53–7. <https://doi.org/10.18821/0016-99002016-95-1-53-57> (in Russian)
8. Skipterov V.P. *Aeroions and Life [Aeroiony i zhizn']*. Saransk: Krasnyy Oktyabr'; 2011: 50–136. (in Russian)
9. Lysenko A.V., Tayutina T.V., Nedoruba E.A. Impact assessment of the degree of ionization of the air environment on the functional state of the organism of athletes. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; (2): 252–4. (in Russian)
10. Posokhin I.I., Lobanov D.V. Recovery of air environment of a room by air ozonation and air ionization. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokie tekhnologii*. 2012; (1): 15–20. (in Russian)