

Научная статья

ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ МЕДИЦИНСКИХ СТАЦИОНАРОВ**А.Г. Малышева, Н.В. Калинина**Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью,
Российская Федерация, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1

Применение различных физико-химических методов исследования, в том числе хромато-масс-спектрометрии, позволило идентифицировать и количественно определить в воздухе медицинских организаций более 40 органических соединений, включая предельные, непредельные, циклические, ароматические углеводороды, терпены, спирты, альдегиды, эфиры, кетоны, галогенсодержащие соединения, органические кислоты. Концентрации этанола, дихлор-, тетрахлорметанов, этилацетата, пропилацетата, ацетона, терпеновых углеводородов, уксусной кислоты вносили основной вклад в суммарное содержание всех идентифицированных соединений. Большинство обнаруженных веществ присутствовали в концентрациях, не превышающих гигиенические нормативы, за исключением хлороформа и йодоформа, содержание которых в палатах реанимации и кабинете бронхоскопии превышало ПДК_{ср} до 2 раз. В повышенных концентрациях, по сравнению с помещениями общественных зданий нелечебного профиля, обнаружены органические кислоты и хлорсодержащие органические соединения. Несмотря на то, что среди широкого перечня идентифицированных веществ для более 70 % соединений гигиенические нормативы не установлены и дать гигиеническую оценку опасности или безопасности их присутствия в воздушной среде лечебных помещений не представляется возможным, полученный массив информации чрезвычайно полезен для реализации одного из важных этапов анализа риска здоровью – идентификации опасности здоровью пациентов и медперсонала химического загрязнения воздуха помещений медицинского назначения при использовании методологии анализа риска.

Оценка влияния УФ-облучателей-рециркуляторов, используемых для обеззараживания воздуха помещений лечебных учреждений, на химический состав воздушной среды показала, что при их работе в присутствии пациентов и персонала наблюдалось увеличение в воздухе количества загрязняющих веществ и их суммарная концентрация от 2 до более чем 4 раз.

При анализе риска здоровью персонала и пациентов для идентификации опасности при проведении риск-ориентированного контроля химического загрязнения воздуха внутрибольничной среды следует осуществлять, наряду с идентификацией широкого спектра летучих органических соединений, мониторинг формальдегида, стирола, аммиака, этанола, изопропанола, хлороформа, дихлорэтана, уксусной кислоты, а также одного из приоритетных загрязняющих веществ, поступающих с продуктами жизнедеятельности человека, – аммиака.

Ключевые слова: химическое загрязнение, воздушная среда, медицинские стационары, внутренние источники химического загрязнения, физико-химические исследования, хромато-масс-спектрометрическая идентификация, идентификация опасности, приоритетные для мониторинга вещества, УФ-облучатели закрытого типа, анализ риска.

Загрязнение воздуха – одна из главных экологических угроз здоровью человека. Так, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 11.03.2019 № 97 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период

до 2025 года и дальнейшую перспективу»¹ к приоритетным направлениям государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности отнесены, наряду с мониторингом химических рисков и совершенствованием нормативно-правового регулирования, осуществление комплекса

© Малышева А.Г., Калинина Н.В., 2024

Малышева Алла Георгиевна – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела гигиены (e-mail: AMalysheva@cspmpz.ru; тел.: 8 (916) 558-71-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3112-0980>).

Калинина Наталия Валентиновна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены (e-mail: NKalinina@cspmpz.ru; тел.: 8 (903) 169-13-34; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8444-9662>).

¹ Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: Указ Президента РФ от 11 марта 2019 г. № 97 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72092478/> (дата обращения: 17.12.2023).

мероприятий по предупреждению и минимизации химических рисков, повышению защищенности населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных химических факторов, а также оценка эффективности и химической безопасности «воздухоочищающей и обеззараживающей» работы проводимых природоохранных мероприятий.

К одним из основных задач государственной политики в области химической безопасности, касающейся мониторинга химических рисков, отнесены комплексный анализ химического загрязнения среды обитания, выявление новых химических угроз, прогнозирование их возможных последствий, а также оценка эффективности и химической безопасности применяемых технологий, используемых для кондиционирования, обеззараживания, очистки среды обитания.

Химическая чистота воздушной среды внутрибольничных помещений является важным фактором для обеспечения условий скорейшего выздоровления и восстановления сил пациентов, а также сохранения здоровья персонала [1, 2].

Известно, что в помещениях современных медицинских стационаров на больного и медицинский персонал действует целый комплекс физико-химических факторов, в том числе радиационное и электромагнитное излучение разной частоты, шумовой режим, ионно-озонный комплекс, УФ-излучение, химическое загрязнение воздушной среды.

Благодаря повышению технической оснащенности медицинских организаций, внедрению современного оборудования, медицинских изделий, дезинфицирующих средств и обеззараживающих технологий, новой мебели, новых лекарственных средств, методов лечения физико-химические факторы, наряду с биологическим загрязнением, формируют особую внутреннюю среду в помещениях стационара, которая может оказывать негативное влияние на процессы лечения и выздоровления человека [3–7]. Наши исследования показали, что стационары представляют собой зоны повышенного риска, обусловленного комплексом неблагоприятных факторов внутрибольничной среды [8]. Это предьявляет повышенные санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к качеству воздушной среды, с одной стороны, для восстановления здоровья пациентов, а с другой – для обеспечения безопасных условий труда медицинского персонала.

В связи с этим важнейшей гарантией повышения качества оказания медицинской помощи является дальнейшее совершенствование методов оценки санитарно-гигиенического состояния, включая химико-аналитический мониторинг химического загрязнения воздуха помещений медицинских организаций и химическую безопасность используемых технологий для его очистки и обеззараживания.

Цель исследования – оценка химического загрязнения воздушной среды помещений медицинских организаций различного функционального

назначения, идентификация и количественное определение максимально полного спектра летучих органических соединений, определение перечня приоритетных и наиболее гигиенически значимых химических соединений, необходимых для выполнения этапа идентификации опасности при проведении риск-ориентированного контроля внутрибольничной среды.

Материалы и методы. В качестве объектов исследований выбраны три медицинские организации стационарного типа: многопрофильная городская клиническая больница, родильный дом и лечебные корпуса научно-исследовательского института, специализирующегося на воспалительных заболеваниях кишечника человека. Проведена идентификация и количественная оценка химического загрязнения воздушной среды в операционных блоках, лечебных палатах, процедурных, перевязочных, лабораторно-диагностических кабинетах, отделении физиотерапии, ординаторских, коридорах, буфетах, пищеблоках. Всего обследовано 96 помещений различного функционального назначения. Объектами исследований также являлись имеющиеся в стационарах системы приточно-вытяжной вентиляции и сплит-системы.

В обследованных помещениях отбирались разовые пробы в разные сезоны года. Отбор проб проводился при обычных условиях эксплуатации помещений с учетом характерных микроклиматических параметров и режима работы вентиляции в соответствии с проектными решениями при закрытых окнах и дверях. Дополнительных мер по герметизации помещений не принималось. Пробы воздуха отбирали в усредненной зоне дыхания на высоте от 1 до 1,5 м от уровня пола. В каждом помещении отбирали не менее трех проб воздуха.

С целью оценки влияния на химическое загрязнение воздушной среды помещений медицинских организаций новых обеззараживающих технологий проведены экспериментальные исследования в лабораторных помещениях, оснащенных тремя видами УФ-облучателей-рециркуляторов закрытого типа различных марок. Эксплуатация в помещениях данного типа ультрафиолетового оборудования допускается в присутствии людей в течение длительного времени. Во всех трех моделях УФ-облучателей-рециркуляторов были установлены безозонные бактерицидные лампы.

Для определения химических веществ, загрязняющих воздушную среду помещений медицинских организаций, использовали методы хромато-масс-спектрометрии и фотокolorиметрии. Применение хромато-масс-спектрометрического метода исследования позволило выявить и количественно определить с чувствительностью на уровне гигиенических нормативов и ниже практически весь спектр летучих органических веществ, находящихся в воздухе помещений. Хромато-масс-спектрометрические исследования проведены на хромато-масс-спек-

трометре Focus DS с DSQ (США) в соответствии с методическими документами².

Концентрации формальдегида и оксидов азота в воздухе определяли колориметрическим методом. Для определения концентраций озона использовали газоанализатор озона 3.02П-Р, кислорода – газоанализатор ПКГ-4, диоксида углерода – газоанализатор «Оптогаз 500.4С». Содержание паров ртути в воздухе помещений определяли с помощью анализатора ртути, модель РА-915М.

Концентрации обнаруженных веществ сравнивали со среднегодовыми, среднесуточными, максимальными разовыми предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными для атмосферного воздуха населенных мест, а при их отсутствии – с ориентировочными безопасными уровнями воздействия (ОБУВ)³.

Результаты и их обсуждение. Известно, что качество воздушной среды закрытых помещений по химическому составу в значительной степени зависит от качества окружающего атмосферного воздуха. Все здания, в том числе медицинского назначения, имеют постоянный воздухообмен с внешней средой и поэтому не защищают человека от загрязненного атмосферного воздуха даже там, где есть система кондиционирования воздуха [9]. При этом химическое загрязнение воздуха внутри помещений превосходит загрязнение наружного воздуха как по количеству идентифицированных веществ, так и по уровню обнаруженных концентраций.

Использование хромато-масс-спектрометрического метода исследования позволило получить наиболее полную картину загрязнения воздушной среды помещений медицинских стационаров летучими органическими соединениями (ЛОС) и, в частности, определить их суммарное содержание, которое в случае отсутствия гигиенических нормативов может быть индикатором уровня химического загрязнения воздушной среды помещения.

В табл. 1 представлено содержание ЛОС в воздушной среде отдельных представителей служебных помещений медицинских организаций стационарного типа различного функционального назначения, в табл. 2 – содержание ЛОС в воздухе лечебных палат с разным количеством койко-мест.

² МУК 4.1.618-96. Методические указания по хромато-масс-спектрометрическому определению летучих органических веществ в атмосферном воздухе // Определение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: Сборник методических указаний МУК 4.1.591-96–4.1.645-96, 4.1.662-97, 4.1.666-97. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – С. 217–228; МУК 4.1.2594-10. Определение стирола, фенола и нафталина в воздухе методом хромато-масс-спектрологии / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 26 марта 2010 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – С. 1–15.

³ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 11.12.2023).

Из представленных данных видно, что хромато-масс-спектрометрические исследования, направленные на идентификацию и количественное определение широкого спектра соединений в объектах окружающей среды, установили присутствие в воздушной среде помещений медицинских организаций стационарного типа различного функционального назначения свыше 40 летучих органических соединений, относящихся к различным группам химических веществ, включая предельные, непредельные, циклические, ароматические углеводороды, терпены, спирты, альдегиды, эфиры, кетоны, галогеносодержащие соединения, органические кислоты. Качественно-количественный состав химического загрязнения воздушной среды помещений различного функционального назначения варьируется и зависит от наличия или отсутствия внутренних источников загрязнения, в частности, применения технических или химических средств очистки, обеззараживания или кондиционирования воздуха, а также использования различных технических устройств для диагностики состояния или поддержания жизнедеятельности больных.

Показано, что концентрации этанола, дихлор-, тетрахлорметанов, этилацетата, пропилацетата, ацетона, терпеновых углеводородов, уксусной кислоты вносили основной вклад в суммарное содержание всех идентифицированных органических соединений.

Следует отметить, что большинство обнаруженных веществ присутствовали в концентрациях, не превышающих гигиенические нормативы. Исключение составили хлороформ и йодоформ, содержание которых в воздухе отделения реанимации и кабинете бронхоскопии превышало гигиенический норматив почти в 2 раза.

В то же время обратили на себя внимание вещества, присутствующие в концентрациях, превышающих их обычное содержание в воздушной среде помещений общественных зданий немедицинского профиля. К ним относятся органические кислоты и хлорсодержащие органические соединения. Наибольшие концентрации химических веществ обнаружены в воздушной среде помещений реанимации и кабинете бронхоскопии.

Таблица 1

Летучие органические соединения, обнаруженные в воздухе помещений медицинских организаций стационарного типа различного функционального назначения

№	Вещество	Концентрация, мг/м ³				
		Реанимация	Бронхоскопия	Гастроскопия	Кабинет врача	Процедурная
Углеводороды насыщенные						
1	Пентан	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004	0,007
2	Гексан	0,190	0,080	0,030	0,050	0,060
3	Изооктан	0,006	0,230	< 0,001	0,004	0,001
4	Гептакозан	< 0,001	< 0,001	0,020	< 0,001	< 0,001
Углеводороды циклические						
5	Циклогексан	0,009	0,003	0,002	0,005	0,001
Углеводороды ненасыщенные						
6	Ацетилен	0,060	0,040	0,010	0,010	0,020
7	Изопрен	0,003	0,002	< 0,001	0,005	0,004
Углеводороды ароматические						
8	Бензол	0,004	0,001	< 0,001	0,002	0,002
9	Толуол	0,170	0,140	0,050	0,070	0,060
10	Стирол	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Терпеновые						
11	α-Пинен	0,004	0,003	0,001	0,003	0,002
12	Лимонен	0,002	0,001	0,003	0,004	0,001
Кислородсодержащие соединения, в том числе						
спирты						
13	Метанол	0,007	0,003	0,006	0,002	0,001
14	Этанол	0,110	0,120	0,010	0,010	0,060
15	Изооктадеканол	< 0,001	< 0,001	0,005	< 0,001	< 0,001
органические кислоты						
16	Уксусная	0,002	0,004	< 0,001	0,001	0,001
17	Додекановая	0,050	0,070	0,030	0,004	0,002
18	Тетрадекановая	0,040	0,050	0,020	0,001	0,002
19	Пентадекановая	0,040	0,040	0,010	0,003	0,004
20	Пальмитиновая	0,050	0,070	0,010	0,006	0,005
21	Гексадеценная	0,020	0,030	0,010	0,001	0,001
22	Олеиновая	0,030	0,050	0,009	0,002	0,002
сложные и простые эфиры						
23	Этилацетат	0,020	0,010	0,030	0,010	0,010
24	Дибутилфталат	0,090	0,040	0,06	0,005	0,008
25	Дигексилфталат	0,004	0,050	0,008	0,001	0,003
26	Монооктилфталат	0,009	0,010	0,007	< 0,001	0,030
27	Диоктилфталат	0,002	0,003	0,001	0,001	0,004
28	Диоктиладипинат	0,040	0,030	0,05	0,008	0,030
29	Диэтиловый эфир	0,060	0,050	0,030	0,010	0,010
альдегиды и кетоны						
30	Ацетон	0,007	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001
31	Бензальдегид	0,010	0,003	0,002	0,006	0,008
32	Формальдегид	0,001	0,008	0,006	0,010	0,003
33	2,6-бутилгидрохинон	0,010	0,005	0,060	0,005	0,004
34	Дивинилбензофенон	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,003
терпеновые кетоны						
35	Камфора	0,050	0,030	0,040	0,020	0,020
Серосодержащие органические соединения						
36	Этилмеркаптан	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001
37	Дибутилсульфид	0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	0,001
Галогенорганические соединения						
38	Хлороформ	0,060	0,050	0,060	0,010	0,020
39	Тетрахлорметан	0,140	0,150	0,090	0,030	0,040
40	Дихлорэтан	0,001	0,002	< 0,001	0,005	0,003
41	Гексахлорэтан	0,008	0,006	0,005	0,001	0,002
42	Бромметан	0,001	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001
43	Йодоформ	0,050	0,030	0,040	0,020	0,020
Суммарное содержание органических веществ		1,364	1,418	0,721	0,330	0,458

Летучие органические соединения, обнаруженные в воздушной среде лечебных палат медицинских организаций

№	Соединение	Концентрация, мг/м ³			
		Палата 5-местная	Палата 4-местная	Палата 2-местная	Палата одноместная
Углеводороды насыщенные					
1	Гексан и изомеры	0,070	0,050	0,080	0,040
2	Изооктан	0,020	0,010	0,020	0,010
3	Декан	0,003	0,005	0,006	0,010
4	Тетрадекан	0,005	0,003	0,008	0,002
5	Гексадекан	0,002	0,001	0,002	0,001
Углеводороды циклические					
6	Циклогексан	0,007	0,004	0,005	0,006
7	Метилциклогексан	< 0,001	0,001	0,002	0,001
Углеводороды ненасыщенные					
8	Изопрен	0,002	0,001	0,001	0,003
Углеводороды ароматические					
9	Толуол	0,030	0,020	0,010	0,040
10	о-Ксилол	0,002	0,003	0,001	0,001
11	п-Ксилол	0,003	0,004	0,006	0,005
Терпены					
12	α-Пинен	0,040	0,010	0,030	0,020
13	β-Пинен	0,050	0,060	0,090	0,040
14	Лимонен	0,010	0,020	0,050	0,060
15	Карен	0,030	0,060	0,030	0,070
Спирты					
16	Метанол	0,001	< 0,001	0,001	0,002
17	Этанол	0,060	0,040	0,050	0,080
18	Изопропанол	0,009	0,004	0,003	0,010
19	Изопентанол	0,001	0,001	< 0,001	0,002
Органические кислоты					
20	Уксусная	0,030	0,050	0,070	0,020
21	Пропионовая	0,008	0,003	0,002	0,006
22	Пентановая	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
23	Гексановая	0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Простые и сложные эфиры					
24	Метилацетат	< 0,001	0,004	0,002	< 0,001
25	Этилацетат	0,090	0,050	0,030	0,060
26	Пропилацетат	0,001	0,001	0,002	0,002
27	Этилпропионат	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
28	Дибутилфталат	0,003	0,002	0,001	0,001
29	Диоктилфталат	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
30	Диоксан	0,003	0,002	0,001	0,002
31	Метилметакрилат	0,001	0,001	< 0,001	0,001
Альдегиды и кетоны					
32	Ацетон	0,020	0,030	0,030	0,010
33	Метилизобутилкетон	0,001	0,002	0,001	0,003
34	Нонаналь	0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
35	Формальдегид	0,004	0,006	0,008	0,003
36	Ацетилацетон	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Терпеновые кетоны					
37	Камфора	0,040	0,020	0,030	0,020
Галогенорганические соединения					
38	Дихлорметан	0,002	0,003	0,002	0,001
39	Хлороформ	0,010	0,020	0,010	0,030
40	Тетрахлорметан	0,001	0,008	0,009	0,010
41	Дихлорэтан	0,001	0,001	0,001	0,001
42	Тетрахлорэтилен	0,003	0,002	0,004	0,003
43	Хлорбензол	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
Суммарное содержание органических веществ		0,587	0,434	0,602	0,580

Кроме того, в воздушной среде лечебных палат установлено более высокое содержание этанола, ацетона, уксусной кислоты и терпенов (α -пинена, β -пинена, лимонена, карена). Следует отметить, что существенной разницы в уровнях химического загрязнения воздуха в палатах с разным числом пациентов не выявлено, так как их площадь и объем в пересчете на одного человека соответствовали нормативным требованиям.

Вызывает обеспокоенность, что среди перечня идентифицированных веществ для более 70 % соединений не установлены гигиенические нормативы, поэтому дать гигиеническую оценку опасности или безопасности их присутствия в воздушной среде помещений не представляется возможным. С этой целью, а также для проведения сравнительного мониторинга уровня химического загрязнения воздуха в различных по функциональному назначению помещениях проведен расчет суммарного содержания идентифицированных летучих органических соединений в воздушной среде обследованных помещений.

Несмотря на то, что величина суммарного содержания летучих органических соединений в воздухе не может в полной мере характеризовать опасность химического загрязнения для здоровья, в настоящее время она нередко используется разными исследователями как для сравнительной оценки, так и для оценки общей химической загрязненности воздуха в помещениях [10–13]. Отметим также, что информация об идентификации широкого спектра органических соединений в воздухе лечебных учреждений стационарного типа может являться чрезвычайно полезной при проведении этапа идентификации опасности для анализа риска здоровью персонала и пациентов химического загрязнения воздушной среды помещений лечебных стационаров.

В ряде стран разработаны предложения к введению нормативов на суммарное содержание летучих органических соединений в воздухе производственных помещений [14–17]. Так, в ФРГ и Великобритании суммарное содержание летучих органических соединений в воздухе помещений менее 0,3 мг/м³ принято считать безопасным, если при этом для отдельных веществ не превышаются гигиенические

нормативы. В Китае эта величина составляет 0,5 мг/м³, в Японии – 0,4 мг/м³, в Финляндии – от 0,2 до 0,6 мг/м³ [18].

Суммарные содержания летучих органических веществ, обнаруженных в воздухе помещений медицинских организаций стационарного типа различного функционального назначения и палатах, приведенные в табл. 1 и 2, иллюстрируют нецелесообразность применения для оценки опасности или безопасности для здоровья этого показателя, который в то же время успешно может быть использован для сравнительной оценки химического загрязнения воздушной среды в рамках помещений одного функционального назначения или для оценки эффективности или безопасности применения технологий очистки, обеззараживания или кондиционирования воздуха в конкретном помещении.

В табл. 3 приведены диапазоны суммарного содержания летучих органических соединений и других химических веществ в воздухе всех обследованных нами помещений медицинских организаций стационарного типа.

Как видим из представленных данных, наиболее высокое суммарное содержание летучих органических соединений было установлено в воздухе палат, наименьшее – в оперблоках, процедурных и перевязочных помещениях.

Концентрации паров ртути во всех помещениях не превышали гигиенический норматив и регистрировались на следовых уровнях.

Концентрации диоксида углерода и кислорода в воздухе находились в прямой зависимости от количества и времени пребывания людей в помещении и от работы системы вентиляции.

Мониторинг содержания озона в воздушной среде помещений лечебных учреждений стационарного типа показал, что в летний период концентрация озона составила 0,005–0,03 мг/м³, что находится на уровне его среднесуточной предельно допустимой концентрации в атмосферном воздухе населенных мест, равной 0,03 мг/м³, и ниже. В осенний период (сезон закрытых окон) присутствия озона в воздухе помещений лечебных учреждений не обнаружено.

Таблица 3

Диапазоны обнаруженных концентраций химического загрязнения воздушной среды помещений медицинских стационаров

Показатель, концентрация	Объект исследования					
	палаты	оперблоки, процедурные, перевязочные	диагностические, лабораторные помещения	физиотерапевтические отделения	вспомогательные помещения (пищеблоки, коридоры)	
Суммарное содержание летучих органических соединений, мг/м ³	0,43–1,67	0,27–0,46	0,36–1,42	0,35–0,88	0,38–1,45	
Пары ртути, мг/м ³	< 0,00005	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00004	< 0,00005	
Озон, мг/м ³	летний период	0,0–0,03	0,001–0,01	0,0–0,005	0,01–0,03	0,0–0,03
	зимний период	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Диоксид углерода, ppm	400–1600	400–610	600–1200	500–800	450–710	
Кислород, %	20,6–20,8	20,8–21,4	19,0–20,1	20,0–20,9	20,8–21,0	

Химический состав воздушной среды до и после трехчасовой работы различных УФ-облучателей-рециркуляторов

№ п/п	Вещество	RfC, мг/м ³	ПДК*, мг/м ³	Концентрация, мг/м ³			
				Фон	№ 1	№ 2	№ 3
1	Этанол	н/у	5,0	0,15	0,22	0,25	0,12
2	Ацетон	31,0	0,35**	0,10	0,13	0,16	0,14
3	Изопропанол	0,2	0,6**	0,015	0,015	0,016	0,015
4	Пентан	1,0	25,0	0,01	0,01	0,01	0,011
5	Этилацетат	0,07	0,1	0,04	0,05	0,04	0,06
6	Бензол	0,005	0,1	0,010	0,020	0,015	0,010
7	Толуол	0,4	0,6	0,03	0,04	0,07	0,13
8	Гексаналь	н/у	0,02**	0,015	0,020	0,020	0,060
9	Бутилацетат	н/у	0,1	0,012	0,012	0,012	0,010
10	Этилбензол	1,0	0,02	0,013	0,013	0,015	0,020
11	м,п-Ксилолы	0,1	0,2	0,035	0,040	0,090	0,170
12	о-Ксилол	0,1	0,2	0,032	0,045	0,060	0,120
13	Нонан	0,02	н/у	0,02	0,04	0,90	0,18
14	а-Пинен	н/у	0,3**	0,06	0,10	0,10	0,11
15	Метилпропилициклогексаны	н/у	н/у	< 0,001	0,07	0,09	0,15
16	Декан	н/у	н/у	0,06	0,25	0,40	0,60
17	Изомеры ундекана	н/у	н/у	0,02	0,12	0,16	0,20
18	Метилбутилициклогексаны	н/у	н/у	< 0,001	0,120	0,140	0,160
19	Ундекан	н/у	н/у	0,07	0,40	0,30	0,65
20	Изомеры додекана	н/у	н/у	0,012	0,060	0,040	0,040
21	Пентилициклогексаны	н/у	н/у	< 0,001	0,05	0,03	0,03
22	Додекан	н/у	н/у	0,08	0,01	0,09	0,12
23	Стирол	1,0	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001
24	Оксид азота	0,06	0,06	0,015	0,017	0,020	0,015
25	Диоксид азота	0,04	0,04	0,020	0,025	0,029	0,020
26	Оксид углерода	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Суммарное содержание органических веществ				0,784	1,835	3,010	3,206

Примечание: RfC – референтная концентрация, максимальная концентрация, не вызывающая развития вредных для здоровья эффектов у большинства чувствительных индивидуумов при длительном (хроническом) воздействии; * – среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК_{сс}) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (СанПиН 1.2.3685-21); ** – максимальная разовая предельно допустимая концентрация ПДК_{мр} загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (СанПиН 1.2.3685-21).

Таким образом, установлено, что воздух современных больничных зданий имеет многокомпонентный химический состав, который формируется в основном в зависимости от наличия и мощности внутренних источников загрязнения. Следует отметить, что в помещениях медицинских организаций, помимо строительных, отделочных материалов и продуктов жизнедеятельности человека, основными источниками химического загрязнения воздушной среды являются дезинфицирующие средства, лекарственные препараты, медицинская техника и приборы, используемые как в лечебном процессе, так и для поддержания качества воздушной среды помещений.

Так, в настоящее время для обеззараживания воздуха в лечебных учреждениях широко используются УФ-облучатели-рециркуляторы. Однако при их работе в присутствии людей и при длительной их эксплуатации нередко отмечаются жалобы на появление постороннего запаха [19–21].

Влияние работы УФ-облучателей-рециркуляторов разных производителей, используемых для обеззараживания воздуха помещений лечебных учреждений, на

химический состав воздушной среды изучено в камеральных условиях. Результаты исследований, включая широкий спектр идентифицированных веществ и их концентрации в воздухе камеры до и после облучения разными УФ-облучателями, приведены в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что при работе каждого из приборов в воздушной среде обнаружено присутствие не идентифицированных в фоновом воздухе относящихся к группе предельных ациклических углеводородов метилпропил-, метилбутил-, и пентилициклогексанов. Среди веществ, относящихся к этой группе, к настоящему времени гигиенический норматив установлен только для циклогексана, максимальная разовая предельно допустимая концентрация (ПДК_{мр}) которого для атмосферного воздуха населенных мест составляет 1,4 мг/м³, вещество относится к 4-му классу опасности. Отметим, что предельные ациклические углеводороды входят в состав нефти и бензинов, используются в качестве растворителей в топливе.

Кроме того, в результате работы УФ-облучателей в воздухе отмечен рост содержания нонана (от 2 до

45 раз), декана (до 10 раз), ундекана (до 10 раз), ксилолов (до 4 раз), толуола (более 4 раз), бензола (до 2 раз), гексаналя (до 4 раз) и ряда других углеводородов. Установлено, что работа прибора № 2 сопровождалась увеличением в воздушной среде стирола, а облучатель № 3 при работе выделял в воздушную среду толуол, ксилолы и гексаналь. Установлено, что при работе УФ-облучателей увеличилось количество загрязняющих веществ в воздухе, а также их суммарная концентрация от 2 до 4 раз и более, в частности при работе облучателя № 1 – в 2,3 раза, облучателя № 2 – в 3,8 раза, облучателя № 3 – в 4,1 раза.

В то же время определение уровней содержания оксидов азота и озона при работе облучателей показало отсутствие их поступления в воздушную среду помещений при работе всех исследованных приборов. При эксплуатации приборов в течение трех часов концентрации оксидов азота и озона в воздухе не превышали среднесуточные ПДК и практически не отличались от фоновых.

Таким образом, показано, что в воздухе помещений при работе УФ-облучателей-рециркуляторов всех трех марок увеличились концентрации предельных и ациклических углеводородов (нонана, декана, ундекана, циклогексанов). Анализ полученных результатов позволяет сделать предположение, что источником выделения обнаруженных веществ являются материалы, из которых изготовлены корпуса и отдельные детали приборов, или они образуются в воздухе в результате трансформации загрязняющих веществ под действием УФ-излучения [22]. Однако подтверждение данных предположений требует проведения дальнейших детальных химико-аналитических исследований.

Учитывая многокомпонентность состава воздушной среды лечебных помещений и возможность протекания в ней процессов трансформации веществ под влиянием работы приборов и технологий, используемых в медицинских организациях, можно утверждать, что при оценке риска влияния химического загрязнения на здоровье пациентов и персонала необходим мониторинг, основанный на учете комплекса веществ, поступающих от различных источников загрязнения.

Однако контроль физических и химических факторов, воздействующих на пациентов и медперсонал в помещениях лечебных учреждений, в отличие от микробиологического мониторинга, нередко проводится на недостаточном методическом уровне, что обусловлено отсутствием соответствующих нормативно-методических документов, направленных на проведение комплексной гигиенической оценки внутренней среды помещений лечебных учреждений с учетом всего комплекса воздействующих факторов.

Кроме того, остается также нерешенной наиболее важная проблема, связанная с отсутствием адекватной гигиенической оценки степени опасности многокомпонентного химического загрязнения воздушной среды помещений, поскольку для более чем половины обнаруженных веществ не установлены гигиенические нормативы. Использование суммарного показателя оценки летучих органических соединений представляет интерес только при проведении сравнительного содержания комплекса химических веществ в равных по функциональному назначению и эксплуатации помещениях. Для адекватной оценки опасности или безопасности воздушной среды лечебных стационаров, учитывая возможность загрязнения внутренними источниками (продукты жизнедеятельности человека, использование различных технических средств очистки и обеззараживания воздуха и др.), целесообразно применять следующий алгоритм химико-аналитического исследования: идентификация возможно более полного спектра загрязняющих веществ, выбор для текущего контроля приоритетных загрязняющих веществ, а также использование методологии анализа риска⁴ [23–25], поскольку известно, что применение технологии анализа риска здоровью позволяет прогнозировать и минимизировать рост заболеваемости медицинского персонала, подвергающегося в результате своей профессиональной деятельности длительному воздействию химических веществ в малых, нередко даже ниже уровней ПДК, дозах⁵ [24, 25].

На основании результатов проведенных исследований и с учетом таких критериев, как: а) частота обнаружения в воздухе лечебных помещений; б) уровни регистрируемых концентраций; в) возможность одновременного поступления веществ из нескольких источников, для анализа риска здоровью персонала и пациентов, а также для проведения химико-аналитического контроля качества и безопасности воздуха лечебных помещений составлен перечень наиболее гигиенически значимых химических соединений. Он включает следующие вещества: формальдегид, стирол, этанол, изопропанол, хлороформ, дихлорэтан, уксусную кислоту, а также одно из приоритетных веществ, поступающих в воздух с продуктами жизнедеятельности человека, – аммиак [8, 9, 22]. В перечень включены вещества-представители различных классов химических веществ, характеризующие основные источники химического загрязнения воздуха помещений медицинского назначения. В табл. 5 приведены групповая принадлежность веществ, класс опасности и основные источники их поступления в воздух.

⁴ Дубель Е.В. Гигиеническая оценка факторов риска здоровью медицинских работников крупного многопрофильного стационара: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Архангельск, 2016. – 25 с.

⁵ Там же.

Перечень приоритетных химических веществ для проведения контроля и анализа риска здоровью пациентов и персонала в помещениях медицинских организаций стационарного типа

Вещество	Групповая принадлежность	Класс опасности	Основные источники загрязнения
Формальдегид	Альдегиды	2	Мебель, отделочные и строительные материалы, дезинфекционные средства
Стирол	Ароматические углеводороды	2	Отделочные и строительные материалы, корпуса бытовой техники и медицинских приборов
Этанол	Спирты	4	Медицинские процедуры, дезинфекционные мероприятия, обработка медицинских приборов
Изопропанол	Спирты	3	Средства бытовой химии, дезинфекция и уборка помещений, лаки, краски
Хлороформ	Хлорсодержащие углеводороды	2	Дезинфекционные средства
Дихлорэтан	Хлорсодержащие углеводороды	2	Дезинфекционные средства
Уксусная кислота	Органические кислоты	3	Продукты жизнедеятельности
Аммиак	Азотсодержащие соединения	4	Продукты жизнедеятельности, строительные материалы

Принимая во внимание многокомпонентность состава воздушной среды лечебных помещений и возможность протекания в ней процессов трансформации веществ под влиянием физико-химических факторов, используемых в технологиях очистки, обеззараживания или кондиционирования воздуха, при оценке риска влияния химического загрязнения на здоровье пациентов и медперсонала необходимы мониторинг возможного изменения качества среды под воздействием применяемых технологий и применение методологии анализа риска.

Выводы. В воздушной среде помещений медицинских стационаров идентифицировано и количественно определено от 25 до 43 химических соединений, относящихся к различным группам веществ, включая предельные, непредельные, циклические, ароматические углеводороды, терпены, спирты, альдегиды, эфиры, кетоны, галогенсодержащие соединения, органические кислоты. Качественно-количественный состав воздушной среды помещений различного функционального назначения различен и зависит от наличия или отсутствия внутренних источников загрязнения, в частности работы технических устройств очистки, обеззараживания или кондиционирования воздуха, а также применения различных технических средств для диагностики состояния здоровья больных.

Основной вклад в суммарное содержание всех обнаруженных в воздушной среде медицинских стационаров соединений вносили этанол, дихлор- и тетрахлорметаны, этилацетат, пропилацетат, ацетон, терпеновые углеводороды, уксусная кислота, дихлорэтаны, терпеновые углеводороды.

В помещениях лечебных учреждений обнаружены более высокие концентрации органических кислот и хлорсодержащих соединений по сравнению с воздухом помещений общественных зданий нелечебного профиля. Наибольшее содержание химических веществ в воздушной среде помещений лечебных учреждений отмечено в палатах и диагностических кабинетах.

Учитывая установленную многокомпонентность химического загрязнения воздуха лечебных помещений и тот факт, что более половины идентифицированных соединений не имеют гигиенических нормативов, можно сделать вывод, что для гигиенической оценки опасности химического загрязнения воздуха помещений медицинского назначения наиболее эффективным является использование методологии оценки риска, которая позволяет оценить опасность воздействия химических веществ как на персонал, так и на сверхчувствительные группы пациентов.

При выполнении первого этапа оценки риска здоровью персонала и пациентов, а также при проведении риск-ориентированного контроля химического загрязнения воздуха внутрибольничной среды рекомендуем проводить мониторинг приоритетных веществ, в частности формальдегида, стирола, этанола, изопропанола, хлороформа, дихлорэтана, уксусной кислоты, а также одного из важнейших приоритетных веществ, поступающих в воздух с продуктами жизнедеятельности человека – аммиака.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Измеров Н.Ф. Труд и здоровье медиков: актовая Эрисмановская лекция. – М.: Реальное время, 2005. – 40 с.
2. Больничная гигиена: монография / А.П. Щербо, О.М. Андреева, А.С. Белкин, И.Ф. Веткина, А.М. Герман, К.Я. Гуревич, Е.С. Железняк, К.П. Жидков [и др.]. – СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2000. – 489 с.
3. Федина Н.В. Проблема профессионального риска и качества жизни врачей // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 6. – С. 27–30.
4. Знаменский А.В. Госпитальная гигиена: санитарно-эпидемиологические требования к устройству и эксплуатации лечебно-профилактических учреждений. – СПб.: Фолиант, 2004. – 240 с.
5. Микробиологический мониторинг воздушной среды в медицинских организациях / В.Б. Зиятдинов, Г.Г. Бадамшина, А.Б. Бакиров, А.З. Зарипова, Г.Ш. Исаева, Д.О. Каримов // Медицина труда и экология человека. – 2016. – № 4 (8). – С. 86–90.
6. Дубель Е.В., Унгурияну Т.Н. Гигиеническая оценка условий труда медицинского персонала клинических и параклинических отделений стационара // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 53–57. DOI: 10.18821/0016-99002016-95-1-53-57
7. Профессиональные факторы риска, состояние здоровья и меры профилактики в работе врачей стоматологического профиля (обзор литературы) / В.А. Катаева, Н.Г. Кожевникова, Д.Г. Мещеряков, Ю.В. Чуянов // Эндодонтия Today. – 2016. – Т. 14, № 4. – С. 64–67.
8. Гигиеническая оценка комплекса физико-химических факторов, воздействующих на человека в помещениях различного назначения медицинских организаций стационарного типа / Н.В. Русаков, Н.В. Калинина, Е.Б. Гапонова, М.Е. Гошин, И.М. Банин // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 6. – С. 546–554. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-546-554
9. Малышева А.Г., Калинина Н.В., Юдин С.М. Химическое загрязнение воздушной среды жилых помещений как фактор риска здоровью населения // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.06
10. Будович В.Л., Полотнюк Е.Б. Контроль суммарного содержания летучих органических соединений в воздухе производственных помещений // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 7–27. DOI: 10.25514/CHS.2019.1.15000
11. Ренц А.И. Измерение концентраций летучих органических соединений как критерий оценки экологической безопасности внутренней среды помещений // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 4. – С. 58–62. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-4-58-62
12. Weschler C.J. Changes in indoor pollutants since the 1950s // Atmospheric environment. – 2009. – Vol. 43, № 1. – P. 153–169. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.044
13. VOC emission rates in newly built and renovated buildings, and the influence of ventilation – a review and meta-analysis / S.B. Holøs, A. Yang, M. Lind, K. Thunshelle, P.G. Schild, M. Mysen // The International Journal of Ventilation. – 2018. – Vol. 18, № 3. – P. 153–166. DOI: 10.1080/14733315.2018.1435026
14. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality / S.A. Abdul-Wahab, S.C. Fah En, A. Elkamel, L. Ahmadi, K. Yetilmezsoy // Atmospheric Pollution Research. – 2015. – Vol. 6, № 5. – P. 751–767. DOI: 10.5094/APR.2015.084
15. Indoor air quality in the metro system in north Taiwan / Y.-Y. Chen, F.-C. Sung, M.-L. Chen, M.-L. Chen, I.-F. Mao, C.-Y. Lu // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2016. – Vol. 13, № 12. – P. 1200. DOI: 10.3390/ijerph13121200
16. Ministry of Health, Labour and Welfare. Committee on Sick House Syndrome: Indoor Air Pollution Progress Report No. 21. – Japan, 2000.
17. Factors effecting the total volatile organic compound (TVOC) concentrations in Slovak households / L. Mečiarová, S. Vilčeková, E. Křídlová Burdová, J. Kiselák // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2017. – Vol. 14, № 12. – P. 1443. DOI: 10.3390/ijerph14121443
18. Developing indoor air quality related standards in China / Z. Bai, Z. Wang, T. Zhu, J. Zhang // Journal of Asian Architecture and Building Engineering. – 2003. – Vol. 2, № 1. – P. 55–60. DOI: 10.3130/jaabe.2.55
19. Новикова С.И., Прокопенко А.А. Распространение бактерицидного УФ-излучения в зависимости от типа излучателя и технологии применения // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 2 (18). – С. 58–62.
20. Гигиеническая оценка безопасности и эффективности использования ультрафиолетовых установок закрытого типа для обеззараживания воздушной среды в помещениях медицинских организаций стационарного типа / Ю.А. Рахманин, Н.В. Калинина, Е.Б. Гапонова, А.В. Загайнова, А.Е. Недачин, Т.В. Доскина // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 8. – С. 804–810. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810
21. Вассерман А.Л., Шандала, М.Г., Юзбашев В.Г. Применение ультрафиолетового излучения для обеззараживания воздуха в лечебных палатах в ряду мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций // Поликлиника. – 2013. – № 6. – С. 74–76.
22. Малышева А.Г., Юдин С.М. Трансформация химических веществ в окружающей среде как неучтенный фактор опасности для здоровья населения // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 45–66. DOI: 10.25514/CHS.2019.2.16005
23. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 2. – С. 20–24.
24. Прогнозирование заболеваемости и оценка риска здоровью при выполнении гигиенических исследований, связанных с химическими факторами воздействия / О.В. Мироненко, А.В. Киселёв, С.Н. Носков, А.В. Панькин, Х.К. Магомедов, З.Н. Шенгелия, С.Н. Мякишева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 419–428. DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.410
25. Нехорошев А.С., Захаров А.П., Данилова Н.Б. Методические подходы к оценке уровня риска здоровью врачей-стоматологов от воздействия химического загрязнения производственной среды // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. – 2005. – № 3. – С. 117–120.

Малышева А.Г., Калинина Н.В. Проблемы идентификации опасности для здоровья человека при химическом загрязнении воздушной среды помещений медицинских стационаров // Анализ риска здоровью. – 2024. – № 1. – С. 26–37. DOI: 10.21668/health.risk/2024.1.03



Research article

IDENTIFICATION OF HAZARDS FOR HUMAN HEALTH UNDER CHEMICAL POLLUTION IN AIR INSIDE IN-PATIENT HOSPITALS

A.G. Malysheva, N.V. Kalinina

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, 10 Pogodinskaya St., build. 1, Moscow, 119121, Russian Federation

Use of various physical and chemical research techniques, including chromato-mass-spectrometry, made it possible to identify and quantify more than 40 organic compounds in air inside healthcare organizations, including saturated, unsaturated, cyclic, and aromatic hydrocarbons; terpenes, alcohols, aldehydes, esters, ketones, halogen-containing compounds, and organic acids. Levels of ethanol, dichloromethane, carbon tetrachloride, ethyl acetate, propyl acetate, acetone, terpene hydrocarbons, and acetic acid made the main contribution to the total content of all identified compounds. Most detected substances were present in concentrations not exceeding hygienic standards, except for chloroform and iodoform, the levels of which were up to 2 times higher than average daily MPL in intensive care wards and a bronchoscopy room. Organic acids and chlorinated organic compounds were found in elevated concentrations compared with insides of non-medical public buildings. Among the wide list of identified substances, hygienic standards have not been established for more than 70% of compounds and it is not possible to give a hygienic assessment of hazards or safety of their presence in air inside healthcare facilities. Despite that, the information obtained in this study is extremely useful for accomplishing an important stage in health risk analysis, which is identification of hazards for health of patients and healthcare workers posed by chemical air pollution inside healthcare organizations when using the risk analysis methodology.

In this study, we assessed effects produced by operations of UV recirculator irradiators for air disinfection on its chemical composition inside healthcare institutions. The assessment showed that when such devices worked in the presence of patients and staff, there was an increase in the amount of pollutants in air and their total concentration grew from two to more than four times.

When analyzing risks for health of staff and patients, hazard identification within risk-based control of chemical air pollution in the hospital environment should include monitoring of formaldehyde, styrene, ammonia, ethanol, isopropanol, chloroform, dichloroethane, acetic acid along with identification of a wide range of volatile organic compounds; it should also cover ammonia as one of the priority pollutants occurring in the environment from human excretory products.

Keywords: *chemical pollution, air, in-patient hospitals, internal sources of chemical pollution, physical and chemical research, chromato-mass spectrometric identification, hazard identification, priority chemicals for monitoring, closed-type UV irradiators, risk analysis.*

References

1. Izmerov N.F. Trud i zdorov'e medikov: aktovaya Erismanovskaya lektsiya [Work and health of physicians: assembly Erisman lecture]. Moscow, Real'noe vremya Publ., 2005, 40 p. (in Russian).
2. Shcherbo A.P., Andreeva O.M., Belkin A.S., Vetkina I.F., German A.M., Gurevich K.Ya., Zheleznyak E.S., Zhidkov K.P. [et al.]. Bol'nichnaya gigiena [Hospital hygiene]: monograph. St. Petersburg, Mechnikov North-West State Medical University Publ., 2000, 489 p. (in Russian).
3. Fedina N.V. A problem of physicians' occupational risk and quality of life. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2008, no. 6, pp. 27–30 (in Russian).
4. Znamenskii A.V. Gospital'naya gigiena: sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k ustroystvu i ekspluatatsii lechebno-profilakticheskikh uchrezhdenii [Hospital hygiene: sanitary and epidemiological requirements for the organization and operation of medical and preventive institutions]. St. Petersburg, Foliant Publ., 2004, 240 p. (in Russian).
5. Ziatdinov V.B., Badamshina G.G., Bakirov A.B., Zaripova A.Z., Isayeva G.Sh., Karimov D.O. Microbiological monitoring of the air environment in medical institutions. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2016, no. 4 (8), pp. 86–90 (in Russian).
6. 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*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 53–57. DOI: 10.18821/0016-99002016-95-1-53-57 (in Russian).

© Malysheva A.G., Kalinina N.V., 2024

Alla G. Malysheva – Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of the Hygiene Department (e-mail: AMalysheva@cspzm.ru; tel.: +7 (916) 558-71-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3112-0980>).

Natalia V. Kalinina – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher of the Hygiene Department (e-mail: NKalinina@cspzm.ru; tel.: +7 (903) 169-13-34; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8444-9662>).

7. Kataeva V.A., Kozhevnikova N.G., Meshcheryakov D.G., Chuyanov Yu.V. Professional risk factors, health condition and preventive measures in the work of dentists. *Endodontiya Today*, 2016, vol. 14, no. 4, pp. 64–67 (in Russian).
8. Rusakov N.V., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Goshin M.E., Banin I.M. Hygienic assessment of the complex of physical and chemical factors affecting a person in rooms of the different purpose in in-patients medical institutions. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 6, pp. 546–554. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-546-554 (in Russian).
9. Malysheva A.G., Kalinina N.V., Yudin S.M. Chemical air pollution in dwelling as a health risk factor. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 72–82. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.06.eng
10. Budovich V.L., Polotnyuk E.B. Measuring total volatile organic compounds in indoor air. *Khimicheskaya bezopasnost'*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 7–27. DOI: 10.25514/CHS.2019.1.15000 (in Russian).
11. Renz A.I. Measurement of the concentration of volatile organic compounds as a criterion for assessing the environmental safety of the indoor environment. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, 2020, no. 4, pp. 58–62. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-4-58-62 (in Russian).
12. Weschler C.J. Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric environment*, 2009, vol. 43, no. 1, pp. 153–169. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.044
13. Holøs S.B., Yang A., Lind M., Thunshelle K., Schild P.G., Mysen M. VOC emission rates in newly built and renovated buildings, and the influence of ventilation—a review and meta-analysis. *The International Journal of Ventilation*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 153–166. DOI: 10.1080/14733315.2018.1435026
14. Abdul-Wahab S.A., Fah En S.C., Elkamel A., Ahmadi L., Yetilmesoy K. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmospheric Pollution Research*, 2015, vol. 6, no. 5, pp. 751–767. DOI: 10.5094/APR.2015.084
15. Chen Y.-Y., Sung F.-C., Chen M.-L., Chen M.-L., Mao I.-F., Lu C.-Y. Indoor air quality in the metro system in north Taiwan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, vol. 13, no. 12, pp. 1200. DOI: 10.3390/ijerph13121200
16. Ministry of Health, Labour and Welfare. Committee on Sick House Syndrome: Indoor Air Pollution Progress Report No. 21. Japan, 2000.
17. Mečiarová L., Vilčeková S., Krídlová Burdová E., Kiselák J. Factors affecting the total volatile organic compound (TVOC) concentrations in Slovak households. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, vol. 14, no. 12, pp. 1443. DOI: 10.3390/ijerph14121443
18. Bai Z., Wang Z., Zhu T., Zhang J. Developing indoor air quality related standards in China. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2003, vol. 2, no. 1, pp. 55–60. DOI: 10.3130/jaabe.2.55
19. Novikova S.I., Prokopenko A.A. Distribution of germicidal UV radiation in relation to the type of emitters and technology of application. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii*, 2016, no. 2 (18), pp. 58–62 (in Russian).
20. Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Zagainova A.V., Nedachin A.E., Doskina T.V. Hygienic assessment of the safety and efficiency of using ultraviolet plants of the closed type for disinfection of the air environment in the rooms of inpatients facilities. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 8, pp. 804–810. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-8-804-810 (in Russian).
21. Vasserman A.L., Shandala, M.G., Yuzbashev V.G. Primenenie ul'trafiol'tovogo izlucheniya dlya obezzarzhivaniya vozdukh v lechebnykh palatakh v ryadu meropriyatiy po profilaktike vnutribol'nichnykh infektsii [Use of ultraviolet radiation for air disinfection in medical wards within measures for prevention of nosocomial infections]. *Poliklinika*, 2013, no. 6, pp. 74–76 (in Russian).
22. Malysheva A.G., Yudin S.M. Transformation of chemicals in the environment as an unaccounted danger factor for public health. *Khimicheskaya bezopasnost'*, 2019, vol. 3, no. 2, pp. 45–66. DOI: 10.25514/CHS.2019.2.16005 (in Russian).
23. Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Analiz riska zdorov'yu naseleniya na sovremennom etape [Analysis of population health risk at present]. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2013, no. 2, pp. 20–24 (in Russian).
24. Mironenko O.V., Kiselev A.V., Noskov S.N., Pan'kin A.V., Magomedov Kh.K., Shengelia Z.N., Myakisheva S.N. Prognosis of morbidity and health risk assessment during hygienic research associated with of chemical impact. *Vestnik SPbSU. Medicine*, 2017, vol. 12, no. 4, pp. 419–428. DOI: 10.21638/11701/spbu11.2017.410 (in Russian).
25. Nekhoroshev A.S., Zakharov A.P., Danilova N.B. Methodical problems of the risk level evaluation in stomatologists resulting from environment chemical pollution. *Vestnik Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii im. I.I. Mechnikova*, 2005, no. 3, pp. 117–120 (in Russian).

Malysheva A.G., Kalinina N.V. Identification of hazards for human health under chemical pollution in air inside inpatient hospitals. Health Risk Analysis, 2024, no. 1, pp. 26–37. DOI: 10.21668/health.risk/2024.1.03.eng

Получена: 18.01.2024

Одобрена: 29.02.2024

Принята к публикации: 05.03.2024