

# ПРОФИЛАКТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ОПЕРАЦИОННЫХ ИНГАЛЯЦИОННЫМИ АНЕСТЕТИКАМИ И ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ

Н. А. ТРЕКОВА<sup>1,3</sup>, Л. Т. ПЕТРОСЯН<sup>1</sup>, Б. А. АКСЕЛЬРОД<sup>1</sup>, А. А. ИВАНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «РНЦХ» им. акад. Б. В. Петровского, Москва, Россия

<sup>2</sup>Испытательная лаборатория «ЭКЗОНД» МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова», Москва, Россия

В настоящее время уровни загрязнения воздуха операционных современными ингаляционными анестетиками и дезинфицирующими средствами, а также способы защиты от неблагоприятного воздействия их на здоровье и профессиональную деятельность персонала операционных в нашей стране мало изучены.

**Цель исследования:** определить эффективность облучателя-рециркулятора воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ» в очистке воздушной среды операционного блока от ингаляционных анестетиков и других органических соединений при помощи сменных воздушных угольных фильтров ФУС-«КРОНТ».

**Материал и методы.** Определение содержания ингаляционного анестетика севофлурана на основных этапах анестезии и операции, а также антисептика ДезисептИ ОП для обработки операционного поля проведено во время 31 операции в условиях работы настенных облучателей-рециркуляторов воздуха и без них (контрольная группа). Для мониторинга концентрации органических веществ в воздухе операционной в режиме онлайн был использован газоанализатор «Колион-1В».

**Результаты.** Сравнительный анализ показал, что на всех этапах общей ингаляционной анестезии и операции концентрация севофлурана без применения средств защиты была в 2,0–3,5 раза выше, чем в условиях работы рециркуляторов воздуха, и превышала предельно допустимые концентрации по международным стандартам. Обработка операционного поля антисептиком вызывала возрастание содержания органических веществ в воздухе до 10 раз. Снижение концентрации дезинфицирующих средств на 90% в условиях работы рециркуляторов наступало в 2,5 раза быстрее, чем при спонтанном очищении.

**Вывод.** Облучатель-рециркулятор воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ», оснащенный воздушным угольным сменным фильтром ФУС-«КРОНТ», позволяет в течение анестезии и операции уменьшить содержание севофлурана в воздухе операционной до рекомендуемых предельно допустимых концентраций и обеспечивает быстрое очищение воздуха операционной от органических веществ после обработки операционного поля антисептиком.

**Ключевые слова:** вредности работы персонала операционных, загрязнение воздуха операционных, ингаляционные анестетики, дезинфицирующие средства

**Для цитирования:** Трекова Н. А., Петросян Л. Т., Аксельрод Б. А., Иванов А. А. Профилактика загрязнения воздуха операционных ингаляционными анестетиками и дезинфицирующими средствами // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 27-34. DOI: 10.21292/2078-5658-2017-14-2-27-34

## ON OF AIR POLLUTION WITH INHALATION ANESTHETICS AND DISINFECTANTS IN OPERATING ROOMS

N. A. TREKOVA<sup>1,3</sup>, L. T. PETROSYAN<sup>1</sup>, B. A. AKSELROD<sup>1</sup>, A. A. IVANOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>B. V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Experimental Laboratory of ECOZOND, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

At present levels of air pollution with inhalation anesthetics and disinfectants in operating rooms as well as protection from their unfavorable effect on health and professional activities of the surgical personnel are underexplored.

**Goal of the study:** to evaluate the efficiency of ORUB-3-5-KRONT air recirculator and irradiator for air cleansing from inhalation anesthetics and other organic compounds in operating rooms when using disposable air carbon filters of FUS-KRONT.

**Materials and methods.** During the main stages of anesthesia and operation the content of sevoflurane, inhalation anesthetic and disinfectant of DeziceptI OP for treatment of surgical field was tested during 31 surgeries during operation of the wall mounted air recirculator-irradiators and without them (control group). Kolion 1B gas analyzer was used for online monitoring of the organic compounds concentration in the air of the operating room.

**Results.** Comparative analysis has proved that during all stages of general inhalation anesthesia and surgery the sevoflurane concentration was 2.0-3.5 fold higher with no protection used compared to operation of air recirculator and it was above the ultimate permissible concentrations as per international standards. Treatment of surgical field by an antiseptic caused the up to 10-fold increase of organic substances in the air. The concentration of disinfectants reduced by 90% 2.5 times faster under operation of air recirculators compared to spontaneous cleansing.

**Conclusion:** ORUB-3-5-KRONT air recirculator and irradiator equipped by disposable air carbon filters of FUS-KRONT reduces the content of sevoflurane in the air of operating rooms during anesthesia and surgical operation down to recommended ultimate permissible concentrations and provides fast cleansing of the air in the operating room from organic substances after treatment of the surgical field by an antiseptic.

**Key words:** occupational damage of operating rooms personnel, air pollution of operating rooms, inhalation anesthetics, disinfectants

**For citations:** Trekova N.A., Petrosyan L.T., Akselrod B.A., Ivanov A.A. Prevention of air pollution with inhalation anesthetics and disinfectants in operating rooms. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2017, Vol. 14, no. 2, P. 27-34. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2017-14-2-27-34

В настоящее время проблема безопасности работы для здоровья персонала операционных по-прежнему сохраняет актуальность [1, 3–5]. Проведение общей анестезии с применением любых ингаляционных анестетиков неизбежно сопровождается загрязнением воздуха операционных газонаркотической смесью. Согласно результатам исследований, проведенных в предыдущие годы, концентрации фторотана и закиси азота даже в хорошо оборудованных операционных без специальных средств очистки во много раз превышали концентрации, установленные впоследствии в качестве предельно допустимых (ПДК) [7–10]. Наибольшая загрязненность ингаляционными анестетиками обнаружена в операционных детских хирургических госпиталей из-за преобладания масочной анестезии и в стоматологических кабинетах [17, 18]. Максимальное содержание летучих анестетиков создается в рабочей зоне анестезиолога, хирурга, операционной и анестезиологической сестры. Источником загрязнения послеоперационных отделений являются газы, выдыхаемые больным после ингаляционной анестезии [20]. Хроническое воздействие ингаляционных анестетиков является одним из основных этиологических факторов, вызывающих нарушения здоровья персонала операционных [3].

Результаты экспериментальных и клинических исследований доказали, что, наряду с другими факторами, такие анестетики, как фторотан и закись азота, в концентрациях, превышающих ПДК, оказывают повреждающее действие на здоровье, детородную функцию и профессиональную трудоспособность врачей и сестер, работающих в операционных блоках, а также способствуют развитию врожденных отклонений у их детей [2, 7, 9–11, 19]. В 1986 г. впервые в нашей стране на основании целенаправленных исследований, проведенных в РНЦХ РАМН совместно с Институтом медицинской генетики РАМН, установлен выраженный цитогенетический эффект ингаляционного анестетика фторотана [7]. В практическом аспекте эти исследования привели к разработке и внедрению специальных средств профилактики, позволяющих снизить или предупредить загрязнение воздуха операционных фторотаном и закисью азота [7, 8]. В мировой практике рекомендации по снижению концентрации в воздухе анестезирующих газов включают: приточно-вытяжные вентиляции с механическим побуждением и кондиционирование воздуха, погложительные фильтры, закрытый дыхательный контур в наркозном аппарате, эффективное отведение газонаркотической смеси из помещений, обязательный мониторинг содержания ингаляционных анестетиков в воздухе и др. [1, 4, 5, 7, 12, 18].

В настоящее время фторотан и закись азота уступают место в повседневной практике таким современным менее токсичным для пациента ингаляционным анестетикам, как изофлуран, севофлуран, десфлуран. Вопросы безопасности для здоровья персонала операционных, равно как и уровни за-

грязнения ими воздуха операционных и эффективность применения специальных средств защиты, являются предметом изучения. Результаты некоторых исследований свидетельствуют о возможном негативном влиянии новых летучих анестетиков на здоровье сотрудников операционных блоков. Так, можно привести данные G. Summer: несмотря на улучшенную фармакокинетику, биомониторинг с помощью спектрометрии показал, что у анестезиологов, постоянно работающих с севофлураном, концентрация его в крови составляет 0,26 ppm и возрастает при увеличении длительности работы до 0,84 ppm даже при 14-кратном обмене воздуха операционных [21]. Имеются сообщения об увеличении сестринских хромосомных aberrаций и/или микроядерных нарушений персонала операционных при длительном воздействии севофлурана, а также о клинических нарушениях: головокружении, усталости, головных болях, раздражительности и др. [9, 10, 18, 22]. Генотоксическое действие изофлурана и севофлурана показано и в опытах *in vitro* [15, 16]. Конечно, радикальным методом защиты воздуха операционных от летучих анестетиков является методика тотальной внутривенной анестезии [8]. Однако многие преимущества ингаляционной анестезии обеспечивают ее широкое распространение и, соответственно, не исключают риск для персонала операционных. Эффективность защитных средств реализована в отношении таких анестетиков, как фторотан, закись азота, токсическое и повреждающее действия которых доказаны. Оценка эффективности средств защиты воздуха операционных от загрязнения современными ингаляционными анестетиками (изофлураном, севофлураном, десфлураном) с учетом большего содержания их в ингалируемой смеси не нашла должного освещения в отечественной литературе.

Помимо анестетиков, в воздухе операционных присутствуют и другие органические соединения основной и кислотной природы (фенолы, спирты, аммиак, пары кислот и щелочей и др.), содержащиеся в дезинфицирующих и моющих средствах. Токсические эффекты этих химических соединений могут проявляться местно и/или в виде общих реакций при воздействии на кожу, слизистые. По данным Американской ассоциации медицинских сестер, обследование 1 500 сестер выявило зависимость между воздействием химических средств и повышением частоты астмы, выкидышей, рака и других нарушений здоровья [14]. Более того, ввиду направленности влияния объединенное действие органических веществ (синергизм) является более сильным, чем сумма их действий при раздельном применении.

Вышеизложенное диктует необходимость оценки содержания современных ингаляционных анестетиков и дезинфицирующих органических средств в воздухе операционных и совершенствования защитных мер для очищения и предупреждения загрязнения ими воздуха операционных блоков и

послеоперационных отделений. В этом плане привлекает внимание использование, наряду с вентиляцией, специальных технических устройств с фильтрами. Одним из них является отечественный облучатель-рециркулятор воздуха ультрафиолетовый бактерицидный ОРУБ-3-5-«КРОНТ», оснащенный воздушными сменными угольными фильтрами ФУС-«КРОНТ». Имеется сообщение об успешном использовании такого рециркулятора для снижения загрязнения воздуха операционных севофлураном в педиатрии [6].

Цель работы: определение эффективности дополнительной функции облучателя-рециркулятора воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ» в очистке воздушной среды операционного блока от ингаляционных анестетиков и других органических соединений (дезинфицирующих) при помощи сменных воздушных угольных фильтров ФУС-«КРОНТ», установленных в рециркуляторе.

Задачи исследования: определить содержание севофлурана и других органических веществ в воздухе операционных в условиях работы рециркулятора и без него; оценить сорбционную способность фильтров рециркулятора в отношении севофлурана; выяснить роль дезинфицирующих средств в дополнительном загрязнении воздуха операционной органическими веществами, определить эффективность рециркулятора в очищении воздуха операционной при дополнительном загрязнении органическими веществами, внедрить и оценить возможность мониторинга содержания органических веществ в воздухе операционных.

## Материалы и методы

Исследуемый облучатель-рециркулятор ОРУБ-3-5-«КРОНТ» (далее рециркулятор) предназначен для обеззараживания воздуха помещений ультрафиолетовым излучением в присутствии людей (бактерицидные лампы находятся внутри корпуса, лабиринтные экраны блокируют выход ультрафиолетовых лучей). Эффективность обеззараживания – 99,9%, скорость прохождения воздушного потока – 100 м<sup>3</sup>/ч. Фильтры ФУС-«КРОНТ», установленные в рециркуляторе, предназначены для дополнительной фильтрации и очистки воздуха от органических соединений основной и кислотной природы (аэрозоли, анестезирующие вещества, дезинфицирующие, стерилизующие и другие средства) с помощью метода адсорбции. Фильтр ФУС-«КРОНТ» изготавливают из угленаполненного волокна нового поколения. Поглощающая способность этого материала значительно выше, чем активированного угля. Он не впитывает водяные пары из воздуха, которые приводят к снижению адсорбирующей способности (рис.).

Для испытаний выбрана операционная площадью 33,5 м<sup>2</sup> с общеобменной вентиляцией, не оборудованная специальными средствами очистки воздуха, в ФГБНУ «РНЦХ



**Рис.** Общий вид облучателя-рециркулятора ОРУБ-3-5-«КРОНТ»

**Fig.** ORUB-3-5-KRONT air recirculator and irradiator

им. акад. Б. В. Петровского». Санитарно-гигиеническая обработка помещения проводилась после окончания операции и анестезии и не могла влиять на результаты испытаний.

Определение степени загрязнения воздуха органическими веществами проведено во время 31 операции общего профиля в условиях общей анестезии севофлураном в 2 группах больных. У 17 больных анестезия и операции выполнены в условиях работы двух настенных рециркуляторов, расположенных в операционной в местах беспрепятственного забора и выброса воздуха (основная группа). Проведено исследование содержания органических веществ в той же операционной без работы рециркуляторов во время 14 операций (контрольная группа). Группы больных были сравнимы по характеру и длительности операций, содержанию севофлурана в ингалируемом воздухе. Вводная анестезия в обеих группах больных достигалась применением внутривенных средств.

Для мониторинга содержания органических веществ в воздухе операционной в режиме онлайн использован газоанализатор «Колион-1В» (Россия). Газоанализатор предназначен для измерения суммарной концентрации органических веществ в воздухе. Он размещался в рабочей зоне анестезиолога и хирургов. Измерение концентрации вредных

веществ в воздухе осуществляли в течение всей операции в автоматическом режиме; данные фиксировались в памяти газоанализатора с последующей их обработкой.

Сравнительный анализ содержания органических соединений в воздухе в обеих группах проведен на 5 этапах: до начала ингаляции севофлурана, после вводной анестезии до кожного разреза на фоне ингаляции севофлурана, в момент обработки операционного поля кожным антисептиком ДезисептИ ОП, спустя 2–3 ч ингаляции севофлурана и в конце операции после прекращения подачи анестетика. Для анализа скорости очищения воздуха операционных от дезинфицирующих средств выбрано по 9 операций из основной и контрольной групп, в которых концентрация органических веществ составляла  $> 100 \text{ мг/м}^3$ . Оценку сорбционной способности фильтров в поглощении ингаляционного анестетика севофлурана при работе рециркулятора проводили с помощью испытательной лаборатории «ЭКОЗОНД» МГУ методом газовой хроматографии с хромато-масс-спектрометрией в пробе воздуха из операционной в основной и контрольной группах во время начала подачи севофлурана пациенту и в конце 3-часовой анестезии.

Статистическую обработку данных выполняли при помощи пакета статистических программ Statistical Package for Social Science (SPSS) 11.0 для Windows. Для представления данных и оценки достоверности различий количественного признака использовали следующие показатели: среднее значение, стандартная ошибка средней, стандартное отклонение, критерий Стьюдента. Результаты испытания считались достоверными при  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены фактические данные о концентрации органических веществ в воздухе операционной основной и контрольной групп на всех этапах исследования. Из нее следует, что содержание органических веществ в воздухе операционной до начала ингаляции анестетика было минимальным и по группам не отличалось. На этапе вводного наркоза и ингаляции севофлурана величина загрязнения воздуха достоверно увеличилась в обеих группах, но была в 3,5 раза ниже в основной группе на фоне работы рециркуляторов в сравнении с контрольной группой ( $p \leq 0,05$ ).

**Таблица 1. Концентрация органических веществ в воздухе операционной на этапах анестезии и операции**

*Table 1. Concentration of organic substances in the operating room air during various stages of anesthesia and surgery*

Этапы Кол-во операций, n	До начала ингаляции севофлураном, мг/м <sup>3</sup>		Начало ингаляции севофлураном, мг/м <sup>3</sup> (ppm)		Обработка операционного поля, мг/м <sup>3</sup>		2 ч после ингаляции севофлураном, мг/м <sup>3</sup> (ppm)		Прекращение подачи севофлурана, мг/м <sup>3</sup> (ppm)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	4	4	1 (0,1)	83 (10)	148	240	9 (1,1)	13 1,3	3 (0,4)	40 (4,8)
2	7	3	4 (0,5)	27 (3,3)	102	88	13 (1,3)	12 1,4	2 (0,3)	7 (0,8)
3	10	6	4 (0,5)	52 (6,3)	242	132	14 (1,7)	18 2,2	5 (0,6)	7 (0,8)
4	4	3	38 (4,6)	65 (7,8)	137	174	5 (0,6)		22 (2,5)	
5	5	1	13 (1,5)	15 (1,8)	108	136	8 (0,9)	8 0,9	7 (0,8)	10 (1,2)
6	2	0	17 (2,0)	16 (1,9)	150	95	11 (1,3)	23 2,8	8 (0,9)	6 (0,8)
7	0	0	15 (1,8)	40 (4,8)	170	80	1,5 (0,2)	27 3,3	5 (0,6)	19 (2,3)
8	0	2	5 (0,6)	39 (4,7)	156	149	1,8 (0,2)	23 2,8	15 (1,8)	27 (3,3)
9	3	2	14 (1,7)	52 (6,3)	156	216	8 (0,9)	84 10,1	4 (0,5)	25 (3,0)
10	2	2	11 (1,3)	50 (6,0)	92	180	29 (3,5)	37 4,7	11 (1,3)	28 (3,4)
11	1	1	2 (0,2)	12 (1,5)	54	127	15 (1,8)	40 4,8	12 (1,4)	21 (2,5)
12	0	2	8 (0,9)	21 (2,5)	79	89		40 4,8	8 (0,9)	20 (2,4)
13	1	4	16 (1,9)	11 (1,3)	91	126	18 (1,8)	34 4,1	11 (1,3)	33 (4,0)
14	0	0	5 (0,6)	3 (0,4)	56	86	23 (2,8)	20 2,4	13 (1,5)	17 (2,0)
15	0		14 (1,7)		130		51 (6,2)		27 (3,3)	
16	0		1 (0,1)		118		30 (3,6)		20 (2,4)	
17	0		0		69		23 (2,8)		20 (2,4)	
Общее кол-во операций	17	14	17	14	17	14	16	13	17	13
M ± δ, мг/м <sup>3</sup> (M ± δ, ppm)	1,70 ± 2,17	2,10 ± 1,75	9,90 ± 9,31* (1,2 ± 1,0)*	34,70 ± 23,53 (4,2 ± 2,1)	121,00 ± 47,99	137,00 ± 50,21	16,30 ± 12,75* (2,0 ± 1,7)*	29,10 ± 19,62 (3,5 ± 2,8)	11,40 ± 7,32* (1,4 ± 0,8)*	20,00 ± 10,61 (2,4 ± 1,2)

*Примечание:* здесь и в табл. 2 А – операции с рециркуляторами (основная группа);

В – операции без рециркуляторов (контрольная группа); \* –  $p < 0,01$  в сравнении с группой без рециркуляторов.

На сегодняшний день нет российских норм по ПДК летучих анестетиков в воздухе и других органических средств, за рубежом действует общее положение, установленное NIOSH (США), о том, что содержание любого ингаляционного анестетика в воздухе операционных и отделений реанимации и интенсивной терапии не должно превышать 2 ppm (12). В постановлении главного санитарного врача РФ указывается на недопустимость превышения ПДК для летучих веществ [5]. С учетом этого можно подчеркнуть, что без работы рециркулятора концентрация севофлурана (по средним данным) более чем в 2 раза превышала ПДК, а во время его работы содержание севофлурана составляло 1,2 ppm, т. е. было в 2 раза ниже ПДК. Эти результаты имеют важное практическое значение в плане профилактики неблагоприятного воздействия на сотрудников, так как нет абсолютных доказательств полной безопасности остаточных концентраций ингаляционных анестетиков даже на уровне ПДК. Анализ индивидуальных количественных значений севофлурана показал, что из 14 наблюдений в 9 (64%) концентрация анестетика в воздухе без применения фильтров превышала ПДК, в то время как в условиях работы рециркулятора из 17 наблюдений содержание анестетика более ПДК отмечено лишь в одном исследовании, что свидетельствует о высокой эффективности поглощающей способности фильтров рециркулятора в отношении севофлурана.

Вопрос о степени загрязнения воздуха операционных дезинфицирующими и моющими средствами не нашел достаточного освещения в литературе. Согласно нашим данным, во время обработки операционного поля дезинфицирующими средствами (кожный антисептик ДезисептИ ОП) содержание органических веществ в воздухе резко возрастало в обеих группах до одинаковой величины ( $121 \pm 48$  и  $137 \pm 50$  мг/м<sup>3</sup>), превышая предшествующую концентрацию органических веществ в воздухе в 4–12 раз. Однако при одинаковой суммарной степени загрязнения эффективность очищения воздуха операционной в условиях работы рециркуляторов была достоверно выше. Из табл. 2, где представлена сравнительная скорость очищения воздуха операционной, очевидно, что для уменьшения концентрации вредных веществ в воздухе операционной на 50% в условиях работы рециркуляторов требовалось в 1,7 раза меньше времени, чем в контрольной группе, а очищение воздуха в операционной на 90% наступало в 2,5 раза быстрее в сравнении со спонтанным очищением ( $47,1 \pm 4,7$  мин против  $115,0 \pm 47,2$  мин,  $p \leq 0,05$ ).

Содержание севофлурана в воздухе через 2–3 ч операции и анестезии характеризовалось почти в 2 раза меньшей концентрацией его в условиях работы рециркуляторов и сохранялось в пределах ПДК. Без рециркулятора концентрация ингаляционного анестетика в 1,5 раза превышала ПДК по средним значениям, а в отдельных наблюдениях более чем в 4–10 раз.

**Таблица 2. Время очищения от органических веществ в пробах воздуха операционных после дополнительного загрязнения дезинфицирующими средствами**

*Table 2. Time of cleansing from organic substances in the operating room air tests after additional pollution with disinfectants*

№ проб	Уменьшение концентраций органических веществ на 50% $M_i \pm \delta_i$ , мин		Уменьшение концентраций органических веществ на 90% $M_i \pm \delta_i$ , мин	
	А	В	А	В
1	19	20	46	120
2	15	36	50	75
3	12	60	40	
4	18	16	42	43
5	8	15	50	80
6	27	60	55	190
7	15	40	48	120
8	45	28		148
9	19	24	46	144
$M_n \pm \delta_n$	$19,7 \pm 10,8^*$	$33,2 \pm 15,3$	$47,1 \pm 4,7^*$	$115,0 \pm 47,2$

В конце операции и анестезии и при прекращении подачи севофлурана в дыхательный контур содержание органических веществ в основной группе с рециркуляторами было почти в 2 раза ниже, чем в контрольной ( $p \leq 0,05$ ).

Оценка сорбционной способности фильтров в отношении севофлурана с использованием хромато-масс-спектрометрического метода показала, что концентрация севофлурана в воздухе операционной в момент заправки севофлурана в испаритель и начала подачи его больному была в 2,5 раза ниже при работе рециркуляторов с фильтрами. Иными словами, хроматографический метод подтвердил данные, полученные с помощью газоанализатора, о высокой способности воздушных угольных сменных фильтров ФУС-«КРОНТ», изготовленных из угленаполненного волокна нового поколения, адсорбировать ингаляционный анестетик севофлуран из воздуха операционной. С другой стороны, он свидетельствует о возможности использования газоанализатора как более простого метода для мониторинга загрязнения воздуха операционных.

Таким образом, проведение операций в условиях ингаляционной анестезии галогеносодержащим анестетиком севофлураном даже при относительном соблюдении рекомендаций по предупреждению загрязнения воздуха сопровождается значительным загрязнением им воздуха операционной, превышающим ПДК в несколько раз. Следует подчеркнуть, что общеобменная 10-кратная вентиляция, считающаяся достаточной по национальным санитарно-гигиеническим требованиям [5], не обеспечивает необходимую чистоту воздуха операционных. Рекомендуемый обмен воздуха в операционных, согласно международным стандартам, должен составлять 15–21 раз в час [13], особенно при необходимости очищения сильно загрязненного воздуха. Далеко не

все операционные в нашей стране оснащены такой вентиляцией. Кроме того, если система вентиляции не сбалансирована, то может быть нарушен тепловой режим помещения, особенно в холодное время года.

Обработка операционного поля дезинфицирующими растворами приводит к дополнительному резкому возрастанию содержания органических веществ в воздушной среде без использования специальных средств защиты. Наибольшему неблагоприятному воздействию подвергаются хирурги и операционная сестра, находящиеся в непосредственной близости к этому источнику загрязнения.

Применение ультрафиолетового бактерицидного облучателя-рециркулятора воздуха, оснащенного дополнительным воздушным угольным сменным фильтром ФУС-«КРОНТ», позволяет значительно уменьшить содержание органических веществ в воздухе операционной на основных этапах анестезии и операции. Следует подчеркнуть, что концентрация севофлурана при этом снижается до рекомендуемых международных стандартов, что в значительной степени уменьшает возможное повреждающее действие севофлурана на персонал операционных [9, 22].

Полученные данные созвучны результатам экологического мониторинга загрязнения воздуха в клинике вспомогательных репродуктивных технологий, показавшим, что с помощью угольных фильтров, установленных в рециркуляторе воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ», отмечалось достоверное уменьшение уровня загрязнения воздуха севофлураном [6].

Помимо защиты воздуха операционных от ингаляционных анестетиков, рециркулятор способствует более быстрому очищению его при загрязнении дезинфицирующими средствами, чем при спонтанном очищении. Установленное свойство рециркулятора имеет большое практическое значение в предупреждении непреднамеренного максимального загрязнения воздуха органическими веществами, в частности в момент случайного разливания анестетика при заполнении испарителя и в других ситуациях.

Таким образом, одновременно с основной функцией рециркулятора (обеззараживание воздуха от микроорганизмов) происходят его фильтрация и очистка при помощи установленных угольных воздушных фильтров ФУС-«КРОНТ» от органических соединений, к которым относятся ингаляционные

анестетики и дезинфицирующие средства. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование ультрафиолетового бактерицидного облучателя-рециркулятора, оснащенного воздушными угольными сменными фильтрами ФУС-«КРОНТ», для предупреждения и очищения воздуха операционных в течение всей операции от ингаляционных анестетиков и других летучих веществ. Подобные устройства могут быть задействованы в послеоперационных отделениях для поглощения выдыхаемых пациентами анестетиков, а также в диагностических, стоматологических, процедурных и других помещениях, где используют ингаляционные анестетики и дезинфицирующие средства.

Применение рециркулятора с дополнительной функцией очистки воздуха является эффективным, простым и недорогим решением проблемы безопасности воздушной среды для медицинского персонала операционных блоков и послеоперационных отделений.

## Выводы

1. Применение севофлурана как основного компонента комбинированной сбалансированной общей анестезии без специальных средств защиты сопровождается загрязнением воздуха операционных, превышающим рекомендуемые международные ПДК для севофлурана в 1,5–2,0 раза. Обработка операционного поля дезинфицирующим раствором ДезисептИ ОП резко увеличивает концентрацию органических веществ в воздухе операционных.

2. Использование облучателя-рециркулятора воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ», оснащенного воздушным угольным сменным фильтром ФУС-«КРОНТ», позволяет в течение анестезии и операции уменьшить содержание севофлурана в воздухе операционной до рекомендуемых ПДК. Очищение воздуха операционной на 90% от органических веществ после обработки операционного поля кожным антисептиком наступает в 2,5 раза быстрее в условиях работы рециркулятора.

3. Газоанализатор «Колион-1В» позволяет осуществлять автоматический мониторинг содержания органических веществ в воздухе операционной и контролировать эффективность защитных средств в снижении загрязнения воздушной среды в системе онлайн.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

**Conflict of Interests.** The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Безопасность работы с ингаляционными анестетиками в клинических условиях / под ред. В. В. Лазарева, ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова» МЗ России. – М., 2014. – 32 с.
2. Вайсман А. И. Некоторые вопросы гигиены труда врачей-анестезиологов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1967. – 15 с.
3. Косарев В. В., Бабанов С. А. Профессиональные заболевания медицинских работников НИЦ Инфра. – М, 2013. – С. 175.
4. Лазарев И. И., Лазарева В. Н. Вопросы безопасности работы медицинского персонала с ингаляционными анестетиками // Детская больница. – 2013. – № 4. – С. 49–54.
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.05.2010 г. № 58 Об утверждении СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».
6. Потиевская В. И., Ушаков И. Л., Попов А. А., Чижов Ф. Я. Экологический мониторинг загрязнения воздуха в операционной в клинике вспомогательных репродуктивных технологий // Вестн. Рос. университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. – М., 2016. – № 2. – С. 118–125.
7. Трекова Н. А. Анестезиологические аспекты профилактики цитогенетических эффектов ингаляционных анестетиков: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1986. – 31 с.
8. Трекова Н. А., Кожевников В. А. Предупреждение загрязнения воздуха операционных ингаляционными анестетиками // Анестезиол. и реаниматол. – 1979. – № 4. – С. 69–74.
9. Bozkurt G., Memis D., Karabogaz G. et al. Genotoxicity of waste anesthetic gases // *Anaesth. Int. Care.* – 2002. – Vol. 30. – P. 597–602.
10. Chandrasekhar M., Rekhadevi P., Sailaja N. et al. Evaluation of genenic damage in operating room personal exposed to anaesthetic gases // *Mutagenesis.* – 2006. – Vol. 4. – P. 249–254.
11. Cohen E., Brown B., Bruce D. et al. Occupational disease among operating room personnel a national study // *Anesthesiology.* – 1974. – Vol. 41. – P. 321–340.
12. Criteria for a recommended standarts: occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors. DHEW (NIOSH) Publication No. 77–140, US, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH-1977.
13. Hazard Communication Standart OSHA Publication. US. Department of labor, 1985.
14. Health care without harm Europe newsletter – The compaign for environmentally // *Responsible Health Care.* – 2008. – № 11.
15. Hoerauf K., Schrogendorfer K., Weisner G. et al. Sister chromatid exchanges in human lymphocytes exposed to isoflurane and nitrous oxide in vitro // *Brit. J. Anaesth.* – 1999. – Vol. 82. – P. 268–270.
16. Karpinski T. M., Kostrzevska M., Stacheski I. et al. Genotoxicity of the desflurane in human lymphocytes in vitro // *J. Appl. Genet.* – 2005. – Vol. 46. – P. 319–324.
17. Raj N., Henderson K., Hall J. et al. Evaluation of personal environment and biological exposure of paediatric anaesthesists to nitrous oxide and sevoflurane // *Anaesthesia.* – 2003. – Vol. 58. – P. 630–636.
18. Rieder J., Livk P. Exposure to sevoflurane in otorinolaryngologic operations // *Can. J. Anaesth.* – 2001. – Vol. 48. – P. 934–937.
19. Rosgaj R., Kasuba V., Jazbec A. Preliminary study of cytogenetic damage in personal exposed to anesthetic gases // *Mutagenesis.* – 2001. – Vol. 16. – P. 133–149.
20. Sessler D., Badgwel J. Exposure of postoperative nurses to exhaled anesthetic gases // *Anesth. Analg.* – 1998. – Vol. 78. – P. 378–380.
21. Summer G., Zirk P., Hoerauf K. et al. Sevoflurane in exhaled air of operating room personnel // *Anesth Analg.* – 2003. – Vol. 97. – P. 1070–1073.
22. Weisner G., Schiewe-Langgartner F., Lindner R., Gruber M. Increased formation of sister chromatid exchanges in anaesthetists exposed to low levels of sevoflurane // *Anaesthesia.* – 2008. – Vol. 63. – P. 118–122.
1. *Bezopasnost' raboty s ingyalyatsionnymi anestetikami v klinicheskikh usloviyakh.* [Safety in inhalation anesthetics use in clinical practice]. Ed. by V.V. Lazarev, Pirogov Russian National Research Medical University, Russian Ministry of Health, Publ., Moscow, 2014, 32 p.
2. Vaysman A.I. *Nekotorye voprosy gigieny truda vrachey anesteziologov. Avtoref. diss. kand. med. nauk.* [Certain labor hygiene issues of anesthesiologists. Cand. Diss.]. Moscow, 1967. 15 p.
3. Kosarev V.V., Babanov S.A. *Professionalnye zabolevaniya meditsinskikh rabotnikov NITS Infra.* [Occupational diseases of medical workers of Infra Research Center]. Moscow, 2013, pp. 175.
4. Lazarev I.I., Lazareva V.N. Safety of medical personnel when working with inhalation anesthetics. *Detskaya Bolnitsa*, 2013, no. 4. pp. 49–54. (In Russ.)
5. Edict no. 58 as of 18.05.2010 by Russian Chief State Sanitary Doctor On Approval of SanPiN 2.1.3.2630-10 On Sanitary Epidemiological Requirements to Medical Organizations.
6. Potievskaya V.I., Ushakov I.L., Popov A.A., Chizhov F.Ya. Monitoring of air pollution in the operating room in a reproductive technologies clinic. *Vestn. Ros. Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Ekologiya i Bezopasnost Zhiznideyatelnosti*, Moscow, 2016. no. 2. pp. 118–125. (In Russ.)
7. Trekova N.A. *Anesteziologicheskie aspekty profilaktiki tsitogeneticheskikh effektov ingyalyatsionnykh anestetikov. Avtoref. diss. dokt. med. nauk.* [Anesthesiologic aspects of prevention of cytogenetic effects of inhalation anesthetics. Doct. Diss.]. Moscow, 1986, 31 p.
8. Trekova N.A., Kozhevnikov V.A. Prevention of air pollution with inhalation anesthetics in operating rooms. *Anesteziol. i Reanimatol.*, 1979, no. 4. pp. 69–74. (In Russ.)
9. Bozkurt G., Memis D., Karabogaz G. et al. Genotoxicity of waste anesthetic gases. *Anaesth. Int. Care*, 2002, vol. 30. pp. 597–602.
10. Chandrasekhar M., Rekhadevi P., Sailaja N. et al. Evaluation of genenic damage in operating room personal exposed to anaesthetic gases. *Mutagenesis*, 2006, vol. 4. pp. 249–254.
11. Cohen E., Brown B., Bruce D. et al. Occupational disease among operating room personnel a national study. *Anesthesiology*, 1974, vol. 41. pp. 321–340.
12. Criteria for a recommended standarts: occupational exposure to waste anesthetic gases and vapors. DHEW (NIOSH) Publication No. 77–140, US, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH-1977.
13. Hazard Communication Standart OSHA Publication. US. Department of labor, 1985.
14. Health Care without Harm Europe Newsletter – The Campaign for Environmentally. Responsible Health Care. 2008, no. 11.
15. Hoerauf K., Schrogendorfer K., Weisner G. et al. Sister chromatid exchanges in human lymphocytes exposed to isoflurane and nitrous oxide in vitro. *Brit. J. Anaesth.*, 1999, vol. 82. pp. 268–270.
16. Karpinski T.M., Kostrzevska M., Stacheski I. et al. Genotoxicity of the desflurane in human lymphocytes in vitro. *J. Appl. Genet.*, 2005, vol. 46. pp. 319–324.
17. Raj N., Henderson K., Hall J. et al. Evaluation of personal environment and biological exposure of paediatric anaesthesists to nitrous oxide and sevoflurane. *Anaesthesia*, 2003, vol. 58. pp. 630–636.
18. Rieder J., Livk P. Exposure to sevoflurane in otorinolaryngologic operations. *Can. J. Anaesth.*, 2001, vol. 48. pp. 934–937.
19. Rosgaj R., Kasuba V., Jazbec A. Preliminary study of cytogenetic damage in personal exposed to anesthetic gases. *Mutagenesis*, 2001, vol. 16. pp. 133–149.
20. Sessler D., Badgwel J. Exposure of postoperative nurses to exhaled anesthetic gases. *Anesth. Analg.*, 1998, vol. 78. pp. 378–380.
21. Summer G., Zirk P., Hoerauf K. et al. Sevoflurane in exhaled air of operating room personnel. *Anesth Analg.*, 2003, vol. 97. pp. 1070–1073.
22. Weisner G., Schiewe-Langgartner F., Lindner R., Gruber M. Increased formation of sister chromatid exchanges in anaesthetists exposed to low levels of sevoflurane. *Anaesthesia*, 2008, vol. 63. pp. 118–122.

**ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**

ФГБНУ «РНЦХ» им. акад. Б. В. Петровского,  
119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2.

**Трекова Нина Александровна**

главный научный сотрудник.

Тел.: 8 (499) 246-97-91.

E-mail: Nina.Trekova@mail.ru

**Петросян Лилит Грантовна**

главный научный сотрудник.

E-mail: lilitgrnton@mail.ru

**Аксельрод Борис Альбертович**

главный научный сотрудник.

E-mail: aksel@mail.ru

**Иванов Александр Александрович**

Испытательная лаборатория

«Экозонд» МГУ им. М. В. Ломоносова,

научный сотрудник.

119234, Ленинские горы, д. 1, стр. 24А.

E-mail: ecozond@mail.ru

**FOR CORRESPONDENCE:**

B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center,  
2, Abrikosovsky Lane, Moscow, 119991

**Nina A. Trekova**

Chief Researcher.

Phone: +7 (499) 246-97-91.

E-mail: Nina.Trekova@mail.ru

**Lilit G. Petrosyan**

Chief Researcher.

E-mail: lilitgrnton@mail.ru

**Boris A. Akselrod**

Chief Researcher.

E-mail: aksel@mail.ru

**Alexander A. Ivanov**

Experimental Laboratory of ECOZOND,

M.V. Lomonosov Moscow State University,

Researcher.

1, Bld. 24A, Leninskiye Gory, 119234.

E-mail: ecozond@mail.ru