

---

---

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ОПЕРАЦИОННОЙ КЛИНИКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕПРОДУКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.И. Потиевская<sup>1</sup>, И.Л. Ушаков<sup>2</sup>, А.А. Попов<sup>3</sup>, А.Я. Чижев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ ДПО Российская академия последипломного образования  
*ул. Баррикадная, 2/1, Москва, Россия, 125993*

<sup>2</sup> Клиника «Москворечье»

*ул. Москворечье, 16, Москва, Россия, 115409*

<sup>3</sup> Московский областной научно-исследовательский  
институт акушерства и гинекологии  
*ул. Покровка, 22а, Москва, Россия, 101000*

<sup>4</sup> Экологический факультет

Российский университет дружбы народов  
*Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093*

В работе проведена оценка динамики загрязнения воздуха при выполнении ингаляционной анестезии севофлураном во время хирургических манипуляций для экстракорпорального оплодотворения (ЭКО). В течение 14 рабочих дней проводились измерения концентрации органических летучих соединений в операционной в зоне наркозного аппарата и в течение семи дней в зонах нахождения различных специалистов во время операции без дополнительных методов очистки воздуха, а затем в течение 14 дней с использованием ультрафиолетовых облучателей-рециркуляторов воздуха ОРУБ-3-5-«КРОНТ» (торговая марка «ДЕЗАР» с установленными воздушными угольными фильтрами ФУС-«КРОНТ» (всего 49 анестезий). Максимальный уровень загрязнения обнаружен на этапе пробуждения пациенток, при этом в зоне работы эмбриолога следов летучих органических соединений не было в течение всего времени ингаляционной анестезии. После применения методов дополнительной очистки с помощью угольных фильтров, установленных в систему рециркуляции, отмечалось достоверное уменьшение уровня загрязнения воздуха.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, ингаляционная анестезия, севофлуран, загрязнение воздуха, экстракорпоральное оплодотворение

В настоящее время не вызывает сомнений значение борьбы с загрязнением окружающей среды для сохранения жизненно важных природных систем и здоровья человека, включая его репродуктивную функцию [1]. Анестезиология является такой областью медицины, где ежедневно в практической работе происходит выброс в атмосферу отработанных газов — ингаляционных анестетиков. Анестезиологи должны осознавать, что их деятельность оказывает непосредственное влияние на экологическую обстановку. Дело в том, что наркотические газы закись азота, изофлуран, севофлуран и десфлуран наряду с другими факторами вызывают разрушение озонового слоя земли и приводят к глобальному потеплению, причем это влияние гораздо более выражено, чем для углекислого газа [2], ограничивает его лишь их узкое применение для медицинских целей и сравнительно незначительный выброс в атмосферу [3].

В то же время ингаляционные анестетики обладают рядом преимуществ, так как позволяют управлять глубиной наркоза с помощью регулирования концентрации анестетика в конце выдоха [4]. С появлением анестетиков третьего поколения (севофлуран, десфлуран) и значительным снижением побочных эффектов и токсичности препаратов открылись новые перспективы использования ингаляционной анестезии, в частности в области вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). При этом доказано, что качество воздуха имеет большое значение для успешного оплодотворения и развития эмбриона, а наличие любых органических соединений в воздухе операционной отделения ВРТ может оказать отрицательное воздействие на результаты циклов ЭКО [5]. Таким образом, в клинике ВРТ весьма актуальным становится, с одной стороны, мониторинг уровня летучих органических соединений [6], а с другой — поиск путей уменьшения загрязнения окружающей среды при проведении ингаляционной анестезии [7].

В клинике «Москворечье» уже в течение пяти лет используются ингаляционные анестетики в ходе хирургических вмешательств при осуществлении ВРТ. С 2011 года доля ингаляционной анестезии выросла с 23 до 73% всех анестезиологических пособий, в качестве анестетика при этом используется севофлуран. Учитывая, что данный вид анестезии стал преобладающим в клинике, появилась необходимость оценить уровень загрязнения воздуха в операционной и определить возможные пути его снижения. Одной из таких возможностей является использование наряду с системой вентиляции специальных фильтров для очистки воздуха [8].

*Целью исследования* стала оценка динамики загрязнения воздуха при использовании севофлурана на разных этапах анестезии в различных участках операционной и эффективности дополнительной очистки воздуха с помощью угольного фильтра при выполнении хирургических манипуляций для осуществления ЭКО.

### **Материалы и методы исследования**

Работа является проспективным пилотным исследованием в сфере ВРТ. Исследование одобрено комитетом по этике научных исследований ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава России.

Изучалось загрязнение воздуха операционной отделения ЭКО клиники «Москворечье» во время проведения ингаляционной анестезии при трансвагинальной пункции яичников в цикле ЭКО в мае — июле 2015 г. (всего 49 анестезий). Анестезию производили методом быстрой индукции с концентрацией севофлурана на входе 7—8%. Скорость потока свежего газа составляла 6 л/мин при проведении индукции с последующим снижением до 2 л/мин в период поддержания анестезии.

Для замеров уровня загрязнения воздуха использовали фотоионизационный газоанализатор КОЛИОН-1В-06 (Россия) с диапазоном измерения от 0 до 500 мг/м<sup>3</sup>. Устройство было откалибровано для определения севофлурана. Другие органические вещества во время замеров не использовали. Концентрации органических веществ измерялись в автоматическом режиме с фиксацией средних значений за каждые три минуты измерения.

Сначала в течение 14 рабочих дней проводили замеры в операционной до начала рабочего дня в зоне наркозного аппарата на протяжении первой в этот день анестезии. Период замеров включал пять этапов:

- 1) тестирование наркозно-дыхательной аппаратуры;
- 2) заполнение контура аппарата газонаркотической смесью;
- 3) индукцию анестезии;
- 4) поддержание анестезии;
- 5) пробуждение.

В этой серии выполнено 154 замера в течение 14 анестезий.

Затем в течение 7 дней во время проведения первых трех анестезий выполняли замеры уровня загрязнения воздуха в пяти зонах операционной (всего 21 анестезия). Каждая зона соответствовала месту нахождения специалиста (эмбриолога, гинеколога, медсестры-анестезиста и анестезиолога), а также пациентки в операционной. Время анестезии масочным способом было разделено на три этапа:

- 1) индукция анестезии;
- 2) поддержание анестезии;
- 3) пробуждение.

Измерения проводились на каждом этапе анестезии (всего 945 замеров).

Следующая серия измерений выполнялась в течение 14 рабочих дней (14 анестезий) в аналогичных условиях, но с использованием для дополнительной очистки воздуха рециркулятора «ДЕЗАР» с установленным угольным фильтром (испытательная лаборатория «Экозонд»), установленного в рециркулятор воздуха. Измерение показателя уровня севофлурана осуществлялось в виде непрерывного мониторинга с ежесекундной автоматической фиксацией значений загрязнения воздуха. Далее проводилось вычисление среднего значения для каждого этапа измерений

Количественные данные представлены в виде средней арифметической и ее стандартной ошибки ( $M \pm m$ ). Статистическую обработку результатов проводили с применением пакета программ Statistica 6.0, для оценки значимости различий между двумя группами использовали непараметрические методы вариационной статистики и критерий Уилкоксона. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### **Результаты и обсуждение**

Результаты исследования на всех этапах анестезии не подтвердили предположение о значительном повышении концентрации органических соединений (севофлурана) в воздухе операционной. В образцах воздуха, взятых из зоны наркозного аппарата в моменты тестирования и заполнения контура, значительных различий не было выявлено. Снижение уровня загрязнения от начала подготовки к анестезии до момента прекращения подачи анестетика и снятия лицевой маски демонстрирует эффективность воздухообмена в помещении. В то же время необходимо отметить, что показатели загрязнения воздуха на этапе пробуждения в 2 раза превышали показатели на этапе индукции анестезии ( $p < 0,05$ ) (табл.).

Таблица

**Замеры концентрации летучих анестетиков в зоне наркозного аппарата (M ± m)**

Показатели загрязнения воздуха, мг/м <sup>3</sup>	Без воздушного фильтра, 14 анестезий	С воздушным фильтром, 14 анестезий
Исходный уровень	1,0 ± 0,37	0
Показатель начала тестирования НДА	1,2 ± 0,52	0
Показатель окончания тестирования НДА	1,0 ± 0,37	0
Показатель начала заполнения контура	1,0 ± 0,32	0
Показатель окончания заполнения контура	0,9 ± 0,28	0
Показатель начала индукции	0,7 ± 0,28	0
Показатель окончания индукции	0,7 ± 0,28	0
Показатель поддержания анестезии	0,6 ± 0,28	0
Показатель окончания поддержания и начало пробуждения (маска снята)	1,1 ± 0,38*	0,82 ± 0,04**

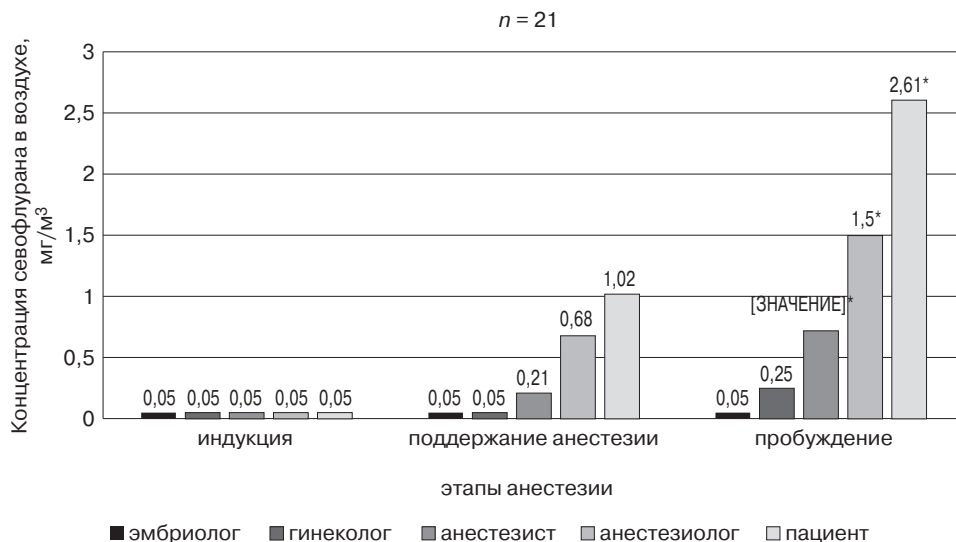
\* Достоверность различия по сравнению с этапом индукции  $p < 0,05$ .

\*\* Достоверность различия по сравнению с замерами без использования воздушного фильтра  $p < 0,05$ .

Необходимо отметить, что далеко не всегда в лечебном учреждении есть возможность выполнить анализ воздуха на летучие органические соединения. В этом случае возможно применение метода очистки воздуха от следовых концентраций ингаляционного анестетика во время операции с помощью рециркулятора с угольным фильтром. Для проверки эффективности дополнительной очистки воздуха нами была выполнена еще одна серия замеров загрязнения воздуха в зоне наркозного аппарата с использованием рециркулятора с установленным воздушным угольным фильтром. В результате измерений было обнаружено, что на фоне применения рециркулятора в воздухе отсутствуют летучие органические примеси на этапах подготовки и проведения анестезии. Лишь после снятия маски в период пробуждения регистрируются примеси летучего анестетика, но содержание севофлурана в воздухе при этом остается достоверно ниже показателя, полученного без применения рециркулятора с угольным фильтром для очистки воздуха ( $p < 0,05$ ; см. табл.). Дополнительная очистка воздуха позволяет с уверенностью избежать превышения предельно допустимых концентраций ингаляционных анестетиков даже в отсутствие возможности его адекватного мониторинга.

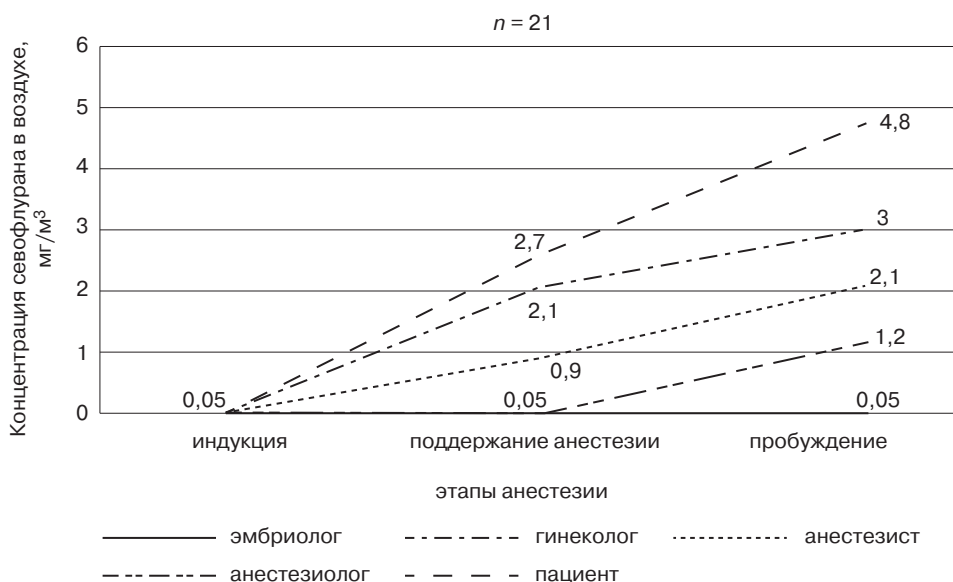
Анализ замеров в различных зонах операционной показал отсутствие загрязнения воздуха во всех точках измерения на этапе индукции анестезии. На этапе поддержания анестезии не было следов загрязнения в местах нахождения эмбриолога и гинеколога, на остальных участках отмечено небольшое повышение концентрации органических соединений. Обращает на себя внимание рост уровня загрязнения воздуха операционной на этапе пробуждения в зонах нахождения пациентки и всех специалистов, кроме эмбриолога (рис. 1). При анализе результатов возник вопрос, могут ли максимальные показатели загрязнения воздуха оказывать вредное влияние на персонал операционной. На рисунке 2 отдельно представлены максимальные концентрации летучих органических веществ в раз-

личных участках операционной на разных этапах проведения анестезии севофлураном.



**Рис. 1.** Средние показатели загрязнения воздуха севофлураном в различных зонах операционной на различных этапах анестезии, мг/м<sup>3</sup> (M ± m)

\* Различия достоверны по сравнению с этапом поддержания анестезии, p < 0,001.



**Рис. 2.** Максимальные концентрации севофлурана в различных зонах операционной на разных этапах проведения анестезии, мг/м<sup>3</sup>

В некоторых странах для севофлурана установлены значения предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК определяет допустимую концентрацию, при которой у работников не возникают заболевания на протяжении всей трудо-

вой деятельности. По данным Национального института охраны труда США (National Institute for Occupational Safety and Health), среднесменная ПДК для севофлурана, при которой можно находиться в течение 8 часов, составляет 2 ppm (parts per million, миллионных долей), что соответствует 16,6 мг/м<sup>3</sup>.

В результате нашего исследования получены данные, свидетельствующие о повышении концентрации ингаляционного анестетика севофлурана преимущественно на этапе пробуждения и прекращения дыхания через лицевую маску, что связано с попаданием в атмосферу анестетика при окончании анестезии и снятия маски. Однако максимальный уровень органических веществ даже на этапе пробуждения был значительно ниже ПДК, что указывало на отсутствие негативного влияния на персонал.

### Заключение

Проведенное исследование позволило выявить наличие незначительного загрязнения воздуха операционной при анестезии севофлураном во время хирургических манипуляций, сопровождающих ЭКО. Уровень загрязнения не является токсическим на всех этапах анестезии в зонах нахождения всех специалистов, принимающих участие в операции (эмбриолог, гинеколог, анестезист, анестезиолог) и около головы пациента. В то же время на этапе пробуждения наблюдается достоверный рост содержания севофлурана в воздухе во всех точках измерения, кроме места нахождения эмбриолога. Применение дополнительной очистки воздуха с помощью рециркулятора с установленным воздушным угольным фильтром позволило добиться достоверного снижения уровня примесей летучих органических соединений в воздухе. Мониторинг уровня загрязнения воздуха дал возможность осуществлять постоянный контроль эффективности приточно-вытяжной вентиляции в операционной.

Таким образом, деятельность врачей-анестезиологов оказывает непосредственное влияние на состояние окружающей среды и поэтому выбор анестетика, наркозной аппаратуры, систем вентиляции и очистки воздуха может иметь очень большое значение. Это обуславливает необходимость внедрения методов экологического мониторинга в работу клиник, в которых используется ингаляционная анестезия. Контроль за уровнем загрязнения воздуха в операционной позволит также своевременно принять меры для предотвращения неблагоприятных воздействий на персонал и необоснованных потерь ингаляционного анестетика.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агаджанян Н.А., Радьш И.В., Юсупов Р.А., Ходорович А.М. Экология, качество жизни и репродуктивное здоровье. Казань: Изд-во КГТУБ, 2008. 424 с.
- [2] *Ishizawa Y.* General anesthetic gasses and the global environment // *Anesth Analg.*, 2011. 112(1). P. 213—217.
- [3] *Zuegge K.L.* Ecological and Economical Practice for Anesthesiologists. *Advances in Anesthesia*. 2013. 31. P. 21—29.
- [4] Ингаляционная индукция и поддержание анестезии / под ред. В.В. Лихванцева. М.: МИА, 2013. 320 с.

- [5] *Khoudja R.Y., Xu Y., Li T., Zhou C.* Better IVF outcomes following improvements in laboratory air quality. *J. Assist. Reprod. Genet.*, 2013. 30. P. 69–76.
- [6] *Miekisch W., Schubert J.K., Noeldge-Schomburg G.F.E.* Diagnostic potential of breath analysis – focus on volatile organic compounds // *Clin. Chim. Acta.* 2004. Vol. 347. N 1–2. P. 25–39.
- [7] *Mousa Mohammed S.A., Abdel-Hady E.S.* Sevoflurane versus propofol sedation technique for transvaginal oocyte retrieval in one-day surgery // *Egyptian J. Anaesth.* 2006. Vol. 22. N 2. P. 100–105.
- [8] *Smith F.D.* Management of exposure to waste anesthetic gases // *AORN J.* 2010. Vol. 91. N 4. P. 482–494.

## **ECOLOGIC MONITORING OF AIR POLLUTION IN OPERATION ROOM IN CLINIC OF ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES**

**V.I. Potievskaya<sup>1</sup>, I.L. Ushakov<sup>2</sup>, A.A. Popov<sup>3</sup>, A.Ya. Chizhov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Russian medical academy for postgraduate education,  
department of anesthesiology and intensive care  
*Barrikadnaya str., 2/1, Moscow, Russia, 125993*

<sup>2</sup> Clinical Hospital “Moskvorechye”  
*Moskvorechye str., 16, Moscow, Russia 115409*

<sup>3</sup> Moscow Regional Scientific Research Institute  
of Obstetrics and Gynaecology  
*Pokrovka, 22a, Moscow, Russia, 101000*

<sup>4</sup> Ecological faculty  
Peoples’ Friendship University of Russia  
*Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093*

The study was conducted to evaluate dynamics of air pollution during inhalational anaesthesia with sevoflurane in In Vitro Fertilization. Measurements of volatile organic compounds (VOC) were performed using portable photoionization gas analyzer in 5 areas of operating room during 7 working days and near the patient’s head and in the location of anaesthesia apparatus during 14 days without additional air cleaning. Then we used air carbone filter and measured VOC during next 14 days (49 anaesthesias altogether). Maximal air pollution was detected in the awakening period. There were no VOC traces in the area of embryologist during all periods of inhalational anaesthesia. It was shown that air pollution level reduced significantly after air carbone filter installation.

**Key words:** ecological monitoring, inhalational anaesthesia, sevoflurane, air pollution, in vitro fertilization

### **REFERENCES**

- [1] *Agadzhanjan N.A., Radysh I.V., Jusupov R.A., Hodorovich A.M.* *Jekologija, kachestvo zhizni i reproduktivnoe zdorov’e* [Ecology, quality of life and reproductive health]. Kazan’: Izd-vo KGTUB [Kazan, a publishing house KGTUB], 2008. 424 p.
- [2] *Ishizawa Y.* General anesthetic gasses and the global environment. *Anesth Analg.* 2011. 112(1). P. 213–217.
- [3] *Zuegge K.L.* Ecological and Economical Practice for Anesthesiologists. *Advances in Anesthesia.* 2013. 31. P. 21–29.

- [4] Ingaljacionnaja indukcija i podderzhanie anestezii. Pod red. V.V. Lihvanceva [Inhalation induction and maintenance of anesthesia. Ed. V.V. Likhvantseva]. M.: MIA [Moscow: MIA], 2013. 320 p.
- [5] Khoudja R.Y., Xu Y., Li T., Zhou C. Better IVF outcomes following improvements in laboratory air quality. *J. Assist. Reprod. Genet.*, 2013. 30. P. 69—76.
- [6] Miekisch W., Schubert J.K., Noeldge-Schomburg G.F.E. Diagnostic potential of breath analysis — focus on volatile organic compounds. *Clin. Chim. Acta.* 2004. Vol. 347. N 1—2. P. 25—39.
- [7] Mousa Mohammed S.A., Abdel-Hady E.S. Sevoflurane versus propofol sedation technique for trans-vaginal oocyte retrieval in one-day surgery. *Egyptian J. Anaesth.* 2006. Vol. 22. N 2. P. 100—105.
- [8] Smith F.D. Management of exposure to waste anesthetic gases. *AORN J.* 2010. Vol. 91. N 4. P. 482—494.