

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wells P.G., Kenneth Lee, Christian Blaise. *Microscale Testing in Aquatic Toxicology* // Science, 1998. – 720 p.
2. Казанцева А.Г., Захаров И.С. Разработка аппаратурного метода контроля токсичности водных сред по тест-реакции динамики гальванотаксиса инфузорий // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Известия государственного электротехнического университета). – СПб., 2011. – Вып. 7. – С. 116-124.
3. Zanoni T.B., Cardoso A.A., Boldrin-Zanoni M.V. Exploratory study on sequestration of some essential metals by indigo carmine food dye // Brazilian Journal Pharmaceutical Sciences. – 2010. – Vol. 46. – № 4.
4. Шарло Г. Методы аналитической химии. – 2-е изд. – Т. 1. – М., 1969. – С. 392, 821, 827; Индикаторы: Пер. с англ. – Т. 2. – М., 1976.
5. Казанцева А.Г., Захаров И.С. Особенности формирования гальванотаксического сигнала в токсичной среде // Материалы 63-ей науч.- техн. конф. профессорско-преподавательского состава университета СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – СПб., 2010. – С. 254-260.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент А.Н. Алипов.

**Захаров Игорь Сергеевич** – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет; e-mail: Segeich188@gmail.com; 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Попова, 5; тел.: 88122349071; кафедра инженерной защиты окружающей среды; к.т.н.; доцент.

**Писарева Ангелина Анатольевна** – кафедра инженерной защиты окружающей среды; магистр.

**Казанцева Анна Геннадьевна** – Общество с ограниченной ответственностью «ГЦЭ-экология» в г. Санкт-Петербург; e-mail: kazanutik@mail.ru; 194292, 3-й Верхний пер., 25; тел.: 89213463888; инженер; к.т.н.

**Zakharov Igor Sergeevich** – Saint-Petersburg State Electrotechnical University; e-mail: Segeich188@gmail.com; 5, Popov's street, Saint-Petersburg, 197376, Russia; +78122349071; the department of ingeneering defence of environment; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Pisareva Angelina Anatoljevna** – the department of ingeneering defence of environment; magister.

**Kazantzeva Anna Gennadjevna** – Saint-Petersburg «GCE-ecology»Ltd; e-mail: kazanutik@mail.ru; 25, 3-й Verhny street, Saint-Petersburg, 194292, Russia; phone: +79213463888; engineer; cand. of eng. sc.

УДК 535.37/535.31

**Е.А. Кочелаев, А.О. Волчек, В.М. Сидоренко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНДИКАТРИСЫ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЧАСТИЦЫ БИОАЭРОЗОЛЯ ОТ ЕЁ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ**

*Результаты численного моделирования углового распределения флуоресценции отдельных частиц аэрозоля сравниваются с экспериментальными данными, полученными в результате исследования белка Ovalbumin и спор Bacillus subtilis. Экспериментальные данные в целом согласуются с результатами модельных исследований. Они подтверждают наличие анизотропии индикатрисы флуоресценции, величина которой зависит от оптической плотности частиц аэрозоля на длинах волн возбуждения и флуоресценции. На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что характеристики анизотропии индикатрисы флуоресценции могут быть использованы в качестве дополнительного маркера при качественном анализе частиц биоаэрозоля с целью повышения селективности проточно-оптического метода.*

*Биоаэрозоль; флуоресценция; индикатриса; частица.*

**E.A. Kochelaev, A.O. Volchek, V.M. Sidorenko.**

**THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE DEPENDENCE OF BIOAEROSOL FLUORESCENCE INDICATRIX FROM ITS OPTICAL DENSITY**

*The results of a numerical modeling of an angular distribution of a separate aerosol particles fluorescence are compared with experimental data of protein Ovalbumin and spores Bacillus subtilis. The data received show the presence of a fluorescence indicatrix anisotropy, the value of which depends on an optical density of aerosol particles at the wave lengths of fluorescence excitation and fluorescence emission. The experimental data are generally consistent with the results of modelling studies. Based on these studies concluded that the fluorescence indicatrix anisotropy can be used as an additional marker for a qualitative analysis of bioaerosol particles with the purpose of improvement of a flow - optical method selectivity.*

*Bioaerosol; fluorescence; indicatrix; particle.*

Анализ аэрозолей в приземном слое воздуха относится к числу актуальных проблем экологического мониторинга, поскольку носителями аэрозоля могут выступать патогенные микроорганизмы, способные вызывать аллергические реакции и заболевания человека. В настоящее время задача высокоскоростного экспресс анализа респираторной (вдыхаемой) фракции аэрозоля 1...10 мкм решается протоочно-оптическим методом (ПОМ) [1, 2]. При анализе с использованием ПОМ отдельные частицы аэрозоля подвергаются воздействию внешнего возбуждающего излучения, диапазон длин волн которого соответствует возбуждению типичных для биологических веществ флуорофоров. Измерение спектров флуоресценции и упругого рассеяния в принципе позволяет выделять потенциально опасные биологические частицы в условиях переменного собственного фона атмосферы как неорганического, так и биологического происхождения, маскирующего наличие патогенных микроорганизмов. При этом скорость анализа достигает  $10^4$  отдельных аэрозольных частиц в секунду.

Для разделения биологических и неббиологических аэрозолей наиболее информативным является регистрация флуоресценции триптофана и других ароматических аминокислот в спектральном интервале 310...380 нм при возбуждении излучением с длинами волн 250...290 нм [3]. Однако, так как флуоресценция триптофана свойственна всем биологическим частицам и неспецифична, то она не позволяет разделять биологические вещества на таксономические группы. Поэтому остается актуальной задача поиска новых информативных признаков (маркеров) ПБА, которые позволят повысить информативность ПОМ. В качестве новых маркеров, расширяющего границы ПОМ как метода анализа ПБА, могут выступать сигналы углового распределения флуоресценции аэрозольных частиц. Ранее в [4] был предложен метод численного моделирования углового распределения излучения флуоресценции отдельных частиц биоаэрозоля произвольной формы, однородных и изотропных по оптическим свойствам. С использованием данного метода в [4] выполнялись расчеты для частиц сферической и эллиптической формы, оптические характеристики которых соответствовали экспериментальным данным бактерий *Erwinia herbicola* и спор *Bacillus subtilis* [5, 6].

В настоящей статье результаты численного моделирования сравниваются с данными эксперимента по регистрации сигналов флуоресценции сухих частиц белка *Ovalbumin*, частиц суспензий белка *Ovalbumin*, а также спор бактерий *Bacillus subtilis*. Измерения выполнялись на лабораторной установке, оптическая система которой была ранее описана в [2]. Выполненное в [4] численное моделирование позволило произвести анализ совместного влияния эффектов преломления излучения на поверхности частицы и поглощения на угловое распределение интенсивности флуоресцентного излучения частиц аэрозоля 1...10 мкм. При моделировании

исследовались характеристики флуоресценции аэрозольных частиц в направлениях: «обратное» (противоположно направлению возбуждающего излучения), «прямое» (совпадает с направлением возбуждающего излучения), «боковое» (ортогонально оси возбуждающего излучения). Числовая апертура телесных углов светосбора флуоресценции, в каждом направлении составляла 0.18. При этом для удобства анализа углового распределения флуоресценции использовались величины  $\alpha$  и  $\beta$ -соотношения интенсивностей флуоресценции в обратном и соответственно в прямом и боковом направлениях.

Полученные результаты моделирования зависимостей  $\alpha$  и  $\beta$  от оптической плотности частицы представлены на рис 1. Оптическая плотность сферической частицы определяется произведением показателя поглощения вещества частицы на ее диаметр. Причем  $D_{(B)}$  и  $D_{(Ф)}$  – оптические плотности частицы соответственно в спектральных областях возбуждения и флуоресцентного излучения. Кривые  $\alpha$  и  $\beta$  соответствуют частицам, оптические характеристики которых соответствуют трем типам: 1) слабопоглощающие частицы ( $D_{(B)}, D_{(Ф)} \leq 0.2 \dots 0.5$ ,  $n'_{(B)} = 1.545 - i0.00035$ ,  $n'_{(Ф)} = 1.533 - i0.000279$  [5]), 2) частицы оптически плотные для возбуждающего излучения ( $D_{(B)} > 0.2$ ,  $n'_{(B)} = 1.59 - i0.0035$ ) и слабопоглощающие излучение флуоресценции ( $D_{(Ф)} < 0.2$ ,  $n'_{(Ф)} = 1.545 - i0.00035$  [5]), 3) оптически плотные частицы ( $D_{(B)}, D_{(Ф)} > 0.5$ ,  $n'_{(B)} = 1.55 - i0.014$ ,  $n'_{(Ф)} = 1.53 - i0.016$  [6]). В общем случае степень влияния отдельных эффектов на индикатрису флуоресценции зависит от величин оптических плотностей частицы на длинах волн возбуждения  $D_{(B)}$  и флуоресценции  $D_{(Ф)}$ . Для слабопоглощающих частиц  $D_{(B)}, D_{(Ф)} \leq 0.5$  эффекты поглощения проявляются мало и индикатриса определяется главным образом геометрическим эффектом преломления излучения на поверхности частицы [4] ( $\alpha$  – кривая 1,  $\beta$  – кривая 2). Если частица является оптически плотной для возбуждающего излучения ( $D_{(B)} > 0.2$ ) и, при этом, прозрачной или слабопоглощающей для излучения флуоресценции ( $D_{(Ф)} < 0.2$ ), ее индикатриса определяется совместным действием геометрического эффекта и эффекта поглощения возбуждающего излучения. В результате  $\alpha$  и  $\beta$  уменьшается с ростом  $D_{(B)}$  и при  $D_{(B)} > 3$  индикатриса флуоресценции частицы приобретает максимум в направлении «прямое» ( $\alpha$  – кривая 3,  $\beta$  – кривая 4). В случае оптически плотных частиц ( $D_{(B)}, D_{(Ф)} > 0.5$ ) в результате совместного действия указанных механизмов параметр  $\alpha$  (кривая 5) имеет минимум в области  $D_{(B)} = 2 \dots 3$ . Причем для частиц с  $D_{(B)} > 3$  преобладает эффект увеличения значения  $\alpha$  с ростом  $D_{(B)}$  в связи с тем, что флуоресценция частицы определяется главным образом вкладом ближних к источнику возбуждения слоев. При этом флуоресценция в прямом направлении для непрозрачной частицы стремится к нулю (флуоресценция ближних к источнику слоев поглощается веществом частицы, а удаленные от источника слои оказываются невозбужденными). В результате максимум индикатрисы смещается в направлении источника возбуждения, при этом с ростом значения  $D_{(B)}$  наблюдается увеличение значения  $\alpha$ . Поведение параметра  $\beta$  в случае оптически плотных частиц (кривая 6) объясняется подобным образом. Характерно, что параметр  $\beta$  в отличие от  $\alpha$  не стремится к нулю при больших значениях  $D_{(B)}$ . Это вызвано тем, что регистрируемая интенсивность флуоресценция в боковом направлении достигает некоторого предела. При этом источником ее является только та часть поверхности абсолютно непрозрачной частицы, которая находится в поле зрения фотоприемника. Результаты расче-

тов показывают, что в большом диапазоне значений оптической плотности ( $0.6 \leq D_{(B)} \leq 6.5$ ) величина  $\beta$  оптически плотных частиц (кривая 6) не превышает значений  $\beta$  слабопоглощающих частиц (кривая 2).

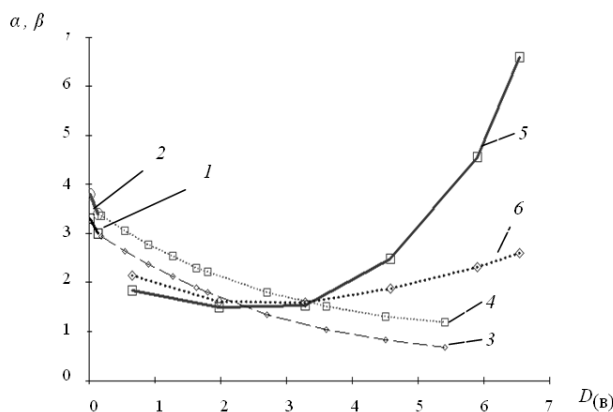


Рис. 1. Зависимости характеристик индикатрисы флуоресценции частицы  $\alpha$  и  $\beta$  от ее оптической плотности:  $D_{(e)}, D_{(f)} \leq 0.5$  ( $\alpha$ –кривая 1,  $\beta$ – кривая 2);  $D_{(e)}, D_{(f)} > 0.5$  ( $\alpha$ – кривая 5,  $\beta$ – кривая 6);  $D_{(e)} > 0.2, D_{(f)} < 0.2$  ( $\alpha$ – кривая 3,  $\beta$ – кривая 4)

Эксперименты по измерению угловой зависимости сигналов флуоресценции отдельных частиц аэрозоля были выполнены на лабораторной установке [2]. В качестве источника возбуждающего излучения использовался опытный образец твердотельного импульсно-периодического УФ лазера (266 нм) с пассивной модуляцией добротности, обеспечивающий облучение отдельной частицы аэрозоля с плотностью энергии  $E \approx 100 \dots 200$  мкДж/см<sup>2</sup>. Частота импульсов источника была равна 22 кГц, при средней мощности около 3 мВт. Луч лазера пересекал под углом  $90^\circ$  поток частиц аэрозоля шириной 0,2...0,3 мм, который формировался соплами системы непрерывной подачи пробы. Область пересечения находилась в фокусе глубокого эллиптического зеркала с телесным углом светосбора  $3\pi$  страд. Каждому лучу флуоресцентного излучения, вышедшему под определенным углом, соответствовала своя точка в плоскости торцевой поверхности эллиптического зеркала. Поэтому распределение энергии в этой плоскости однозначно задавала картину углового распределения интенсивности флуоресценции аэрозольной частицы. Изображения участков плоскости, соответствующих флуоресцентному излучению частицы в прямом, боковом и обратном направлениях, формировались на приемных площадках соответствующих приемников оптического излучения, в качестве которых использовались ФЭУ. Разработанная система позволила одновременно с высокой чувствительностью регистрировать сигналы флуоресценции отдельных частиц в трех направлениях. Флуоресцентное излучение в диапазонах 300...400 нм и 400...500 нм выделялось с помощью светофильтров и спектроразделительных зеркал.

В эксперименте исследовались сухие частицы белка *Ovalbumin*, частицы водных суспензий белка *Ovalbumin*, а также споры бактерий *Bacillus subtilis*. Пробы сухих частиц белка *Ovalbumin* и споры бактерий *Bacillus subtilis* являлись порошками, которые в виде воздушной смеси подавались через эжектор к соплам системы подачи пробы. Частицы водных суспензий белка *Ovalbumin* предварительно распылялись ингалятором PARI junior boy N, обеспечивающим средний размер частиц 3.9 мкм.

Для аэрозольных частиц даже одного вещества всегда присутствуют такие факторы, обуславливающие разброс измеренных сигналов по интенсивности флуоресценции, за счет различий в размерах, форме, содержании флуорофоров и т.д. Поэтому результаты измерений сигналов отдельных частиц исследуемого аэрозоля являются случайными величинами. На рис 2 приведены примеры гистограмм распределений зарегистрированных величин  $\alpha$  и  $\beta$ . Установлено, что для частиц суспензий *Ovalbumin* и спор бактерий *Bacillus subtilis* индикатриса флуоресценции не изотропна и имеет максимум в обратном направлении, тогда как для сухих частиц *Ovalbumin* пики гистограмм находятся при  $\alpha$  и  $\beta$ , близких к 1 в каждом из диапазонов регистрируемой флуоресценции. Кроме того, как для суспензий так и для сухих частиц *Ovalbumin* угловое распределение флуоресценции также практически не зависит от диапазона регистрации, а для спор *Bacillus subtilis* с ростом длины волны флуоресценции максимум гистограммы смещается с  $\alpha = 1.5$  до 2.3, а  $\beta - с 1$  до 1.7. Для белка *Ovalbumin* полученные результаты измерений качественно согласуются с данными [7]. Так как частицы *Ovalbumin* являются слабопоглощающими в диапазоне длин волн флуоресценции ( $D_{(ф)}=0.02...0.2$  при  $\lambda = 360$  нм,  $D_{(ф)}=0.01...0.1$  при  $\lambda = 430$  нм,), то влияние поглощения флуоресцентного излучения на угловое распределение оказывается незначительным, в следствии чего индикатриса флуоресценции в основном определяется действием геометрического эффекта [4] и эффектом ослабления возбуждающего излучения ( $D_{(в)} = 0.16...1.6$ ).

Для спор бактерий *Bacillus subtilis* оптические плотности на длинах волн возбуждения ( $D_{(в)}=0.65...6.54$ ) и флуоресценции ( $D_{(ф)}=0.56...5.69$  при  $\lambda = 360$  нм,  $D_{(ф)}=0.52...5.2$  при  $\lambda = 430$  нм) относительно близки и влияние поглощения флуоресценции оказывается существенным наряду с остальными эффектами. При этом ввиду близости оптических плотностей в диапазонах измеряемых длин волн флуоресценции, угловое распределение флуоресцентного излучения не должно существенно изменяться при переходе от диапазона 300...400 нм к диапазону 400...500 нм. Однако для спор *Bacillus subtilis* в эксперименте наблюдалось смещение максимума гистограмм при переходе от диапазона 300...400 нм ( $\alpha=1.5$ ,  $\beta=1$ ) к диапазону 400...500 нм ( $\alpha=2.3$ ,  $\beta=1.7$ ). Дополнительные исследования оптических плотностей частиц показали, что возможной причиной различия оптических свойств спор бактерий *Bacillus subtilis* исследованных нами и в работе [6], являются разные условия пробоподготовки.

Увеличение асимметрии индикатрисы для спор *Bacillus subtilis* при переходе от диапазона регистрации флуоресцентного излучения 300...400 нм к 400...500 нм соответствует переходу на рис. 1  $\alpha$  от кривой 5 к 3 при  $D_{(в)} < 2.3$ , и  $\beta$  от кривой 6 к 4 при  $D_{(в)} < 3.3$ . Отметим, что для *Bacillus subtilis* пиковые значения гистограмм находятся при значениях  $\beta$  более низких (равных 1 в диапазоне 300...400 нм и 1.7 в диапазоне 400–500 нм), чем соответствующие значения  $\alpha$  (1.5 в диапазоне 300...400 нм и 2.3 в диапазоне 400–500 нм), тогда как, в соответствии расчетом, для каждой частицы  $\alpha \leq \beta$  при  $D_{(в)} < 3.3$  (рис. 1). Данное несоответствие, можно объяснить существенным различием в углах регистрации флуоресценции в боковом направлении при расчете ( $\approx 10^\circ$ ) и эксперименте ( $\approx 60^\circ$ ), что приводит к росту средней интенсивности флуоресценции в боковом направлении регистрации.

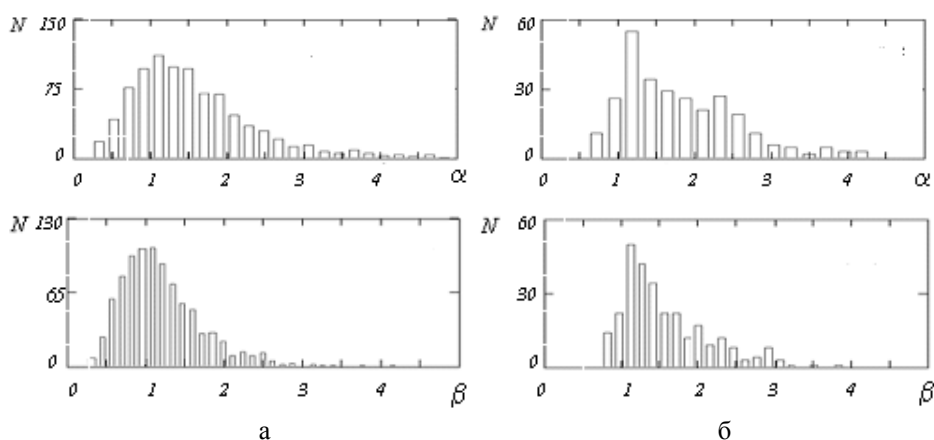


Рис. 2. Гистограммы распределения отношений  $\alpha$  и  $\beta$  для сухих частиц *Ovalbumin*:  $N$  – число зарегистрированных сигналов флуоресценции в диапазонах длин волн: а – 300...400 нм; б – 400...500 нм

Таким образом, в целом экспериментальные данные согласуются с результатами модельных вычислений. Они подтверждают наличие анизотропии индикатрисы флуоресценции, величина которой зависит от оптической плотности частиц аэрозоля на длинах волн возбуждения и флуоресценции. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что характеристики анизотропии индикатрисы флуоресценции могут быть использованы в качестве дополнительного маркера при качественном анализе частиц биоаэрозоля с целью повышения селективности ПОМ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Jeys T.H., Herzog W.D., Hybl J.D., Czerwinski R.N., Sanchez A.* Advanced Trigger Development // *Lincoln Laboratory Journal*. – 2007. – Vol. 17, № 1. – P. 29-60.
2. *Кочелаев Е.А., Волчек А.О.* Оптическая система регистрации для проточно-оптического метода анализа биоаэрозолей // *Оптический журнал*. – 2011. – № 78 (6). – С. 23-30.
3. *Kaye P.H., Stanley W.R. and Hirst E.* Single particle multichannel bio-aerosol fluorescence sensor [Текст] / Р.Н. Кае, // *Optics Express*. – 2005. – Vol. 13. – P. 3583-3593.
4. *Кочелаев Е.А., Волчек А.О., Сидоренко В.М.* Метод расчета индикатрисы флуоресценции частиц аэрозоля // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. – 2011. – № 9. – С. 110-118.
5. *Arakawa E.T., Tuminello B.N., Khare M.E.* Milham Optical properties of *Erwinia herbicola* Bacteria at 0.19-2.5  $\mu\text{m}$  // *Biopolymers*. – 2003. – P. 391-398.
6. *Tuminello P.S., Arakawa E.T., Khare B.N., Wrobel J.M., Querry M.R., and Milham M.E.* Optical properties of *Bacillus subtilis* spores from 0.2 to 2.5  $\mu\text{m}$  // *Appl. Opt.* – 1997. – № 13. – P. 2818-2824.
7. *Arakawa E.T., Tuminello P.S., Khare B.N., Milham M.E.* Optical properties of *Ovalbumin* in 0.130-2.50  $\mu\text{m}$  Spectral Region // *Biopolymers*. – 2001. – Vol. 62. – P. 122-128.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.В. Алешин.

**Кочелаев Евгений Александрович** – ОАО "НПО "Прибор"; e-mail: kochelaev@bk.ru; г. Санкт-Петербург, ВО 17 линия, 4-6; тел.: 88123234601; инженер II категории.

**Волчек Андрей Олегович** – e-mail: volchek@npo-pribor.ru; главный конструктор; к.ф.-м.н.

**Сидоренко Владимир Михайлович** – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»; e-mail: vmsidorenko@mail.ru, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 5; тел.: +78122349071; д.т.н.; профессор.

**Kochelaev Evgenyi Aleksandrovich** – ОАО “NPO “Pribor”; e-mail: kochelaev@bk.ru, 4-6, VO 17 line, St.-Petersburg, Russia; phone: +78123234601;engineer.

**Volchek Andrey Olegovich** – e-mail: volchek@npo-pribor.ru; general constructor; cand. of phis.-math. sc.

**Sidorenko VladimirMihailovich** – St.-Petersburg University of Electrical Engineering "LETI"; e-mail: vmsidorenko@mail.ru; 5, professor Popov street, St.-Petersburg, 197376, Russia; phone: +78122349071; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 615.47

**Д.Р. Юсупова, А.А. Порунов**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ  
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ВОЗДУХА**

*Рассматривается проблема, связанная с особенностями разработки системы контроля и управления медико-биологическими параметрами воздуха и, в частности, постановка задачи структурного синтеза каналов системы контроля и управления медико-биологическими параметрами воздуха, а также характеризуется спектр загрязняющих факторов. Приводится оценка эффективности процедур подготовки воздуха и определяются требования к параметрам и режимам работы основных функциональных элементов системы контроля и управления медико-биологическими параметрами воздуха. Обосновываются принципы и схемы построения системы контроля и управления медико-биологическими параметрами воздуха и режимы работы ее основных функциональных элементов.*

*Управление; медико-биологические параметры; воздух.*

**D.R. Yusupova, A.A. Porunov**

**INFORMATION ASPECTS OF CREATION OF THE MONITORING SYSTEM  
AND AIR MANAGEMENT IN MEDICOBIOLOGICAL PARAMETERS**

*In work the problem connected with features of development of the system of control and management of medicobiological parameters of air and, in particular, statement of a problem of structural synthesis of channels of the monitoring system and management of medicobiological parameters of air is considered, and also the range of polluting factors is characterized. The assessment of efficiency of procedures of preparation of air is given and requirements to parameters and operating modes of the basic functional elements of the monitoring system and air management in medicobiological parameters are defined. Principles and schemes of creation of the monitoring system and management in medicobiological parameters of air and operating modes of its basic functional elements locate.*

*Management; medicobiological parameters; air.*

В настоящее время в медицинском приборостроении особенно остро стоят задачи по разработке методов и средств контроля и управления параметрами воздуха в лечебно-профилактических учреждениях повышенной стерильности, в том числе и в стоматологических отделениях. Поэтому данная работа представляет одну из первых попыток решения задачи по созданию системы контроля и управления медико-биологическими параметрами воздуха (СКУ МБП) в рамках системного подхода. Это обеспечивает последовательное и взаимосвязанное выполнение основных этапов системно- и схемотехнической разработки СКУ МБП, опирающегося на изучение специфики процесса инфицирования полости рта пациента при оказании ему стоматологической помощи. Начальный этап разработки СКУ МБП