

**С.Г. Шашковский**, НИИ Энергетического машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва  
**Т.А. Калинин**, Российский Онкологический Научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН, г. Москва  
**Н.А. Поликарпов**, Институт медико-биологических проблем РАН г. Москва  
**Я.А. Гольдштейн, И.В. Гончаренко**, ООО «Научно-Производственное Предприятие «МЕЛИТТА»», г. Москва

# Оборудование для обеззараживания помещений в ЛПУ на основе импульсной ультрафиолетовой технологии

В докладе Секретариата на 59 сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения, посвященной безопасности пациентов сообщалось, что в любой момент времени 1,4 миллиона людей в глобальном масштабе страдают от инфекции, приобретенной в лечебно-профилактическом учреждении [1]. Ситуации в «бедных» и «богатых» странах отличаются, но ни одна не может заявить о том, что подошла вплотную к разрешению проблемы обеспечения безопасности пациентов. Статистика Всемирного Альянса за безопасность пациентов ВОЗ сообщает, что от 5% до 10% пациентов, поступающих в современные стационары в странах развитого мира, получают одну или большее число инфекций [2]. Следовательно, в России внутрибольничные инфекции (ВБИ) ежегодно переносят более 2,5 млн. пациентов.

Одним из основных факторов, участвующих в механизме передачи внутрибольничных инфекций, является воздух. Его высокая подвижность, трудно контролируемый уровень контаминации микроорганизмами диктуют необходимость внедрения в профилактику ВБИ новых высокоэффективных средств оперативного обеззараживания воздуха.

Одной из основных причин высокого уровня внутрибольничного инфицирования является формирование новых внутригоспитальных штаммов микроорганизмов, характеризующихся множественной лекарственной устойчивостью и обладающих высокой приобретенной резистентностью по отношению к ряду традиционных средств дезинфекции, применяемых в течение десятилетий, например, к ультрафиолетовому излучению [3]. Такая тенденция актуализирует создание новых технических средств дезинфекции помещений, обеспечивающих повышение эффективности процесса обеззараживания при одновременном снижении токсичности, длительности и трудоемкости дезинфекционных мероприятий.

Этим требованиям отвечают импульсные ультрафиолетовые (УФ) установки обеззараживания воздуха серии «Альфа». В основу гаммы выпускаемого Научно-производственным предприятием «Мелитта» дезинфекционного медицинского оборудования заложены новейшие плазменно-оптические технологии – технология импульсного УФ обеззараживания воздуха и поверхностей, основанная на использовании высокоинтенсивного УФ излучения сплошного спектра [2]. В этих установках излучение

(близкое по составу солнечному) генерируется мощными импульсными ксеноновыми лампами. Другими словами, ксеноновая плазма генерирует оптическое излучение, характеризующееся сплошным спектром (рис. 1).

Импульсная плазменно-оптическая технология, реализуемая в этих установках, обладает двумя принципиальными отличиями от традиционной УФ технологии использующей монохроматическое (254 нм) излучение бактерицидных ртутных ламп низкого давления (включая амальгамные лампы) [2].

1. Облучение микроорганизмов осуществляется УФ излучением **сплошного спектра** (рис. 1).

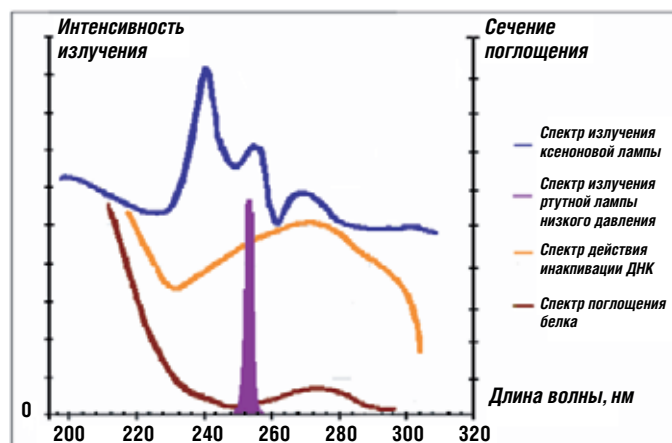


Рис. 1.

Известно, что основными компонентами всех живых существ являются белки, нуклеиновые кислоты и липиды, которые и являются мишенями для квантов коротковолнового УФ света [3], причем основной мишенью при летальном действии УФ лучей служит ДНК, состоящая из нуклеиновых кислот. Возможны три вида фотохимического повреждения ДНК, которые приводят к гибели микроорганизмы: фотодимеризация, фотогидратация или сшивки с белками.

В настоящее время практически все УФ обеззараживающие устройства оснащены ртутными или амальгамными лампами непрерывного горения, которые излучают одну линию – 254 нм – в бактерицидной области спектра. Показано, что под действием такого монохроматического

излучения более 80% повреждений ДНК связано с образованием димеров тимина, что и является основным каналом гибели микроорганизмов. Расширение спектрального диапазона излучения 200–350 нм позволяет вызывать фотохимические повреждения ДНК одновременно, вызывая фотодимеризацию, фотогидратацию, сшивки с белками и даже образуя разрывы цепей ДНК с помощью высокоэнергетических квантов (излучением короче 240 нм). Из рисунка 1 видно, что излучение короче 240 нм приводит к деструкции белка, в том числе происходит инактивация ферментов, что в свою очередь сопровождается резким снижением активности процессов световой и темновой реактиваций. Именно способность микроорганизмов вырабатывать ферменты, сканирующие и ремонтирующие повреждения в цепи ДНК определяет уровень летального порога повреждений в ДНК клетки. Способность микроорганизмов приспосабливаться к внешним раздражителям (монохроматическое излучение бактерицидных ламп широко применяется уже более 50 лет) вызывает появление госпитальных высокорезистентных штаммов.

Сплошной спектр УФ излучения генерируемый ксеноновыми лампами установок «Альфа» вызывает одновременное деструктивное воздействие на различные жизненно важные структуры клеток (нуклеиновые кислоты, белки, липиды, мембраны и др.), что снижает возможность адаптации микроорганизма и повышает биоцидную эффективность такого вида воздействия по сравнению с традиционным бактерицидным (монохроматическим) УФ излучением.

2. Второе принципиальное отличие связано с уровнем **интенсивности** УФ воздействия на микрофлору. В установках используются импульсные ксеноновые лампы, излучение с поверхности которых в десятки тысяч раз превышает поток УФ радиации самых мощных ртутных ламп. Высокая интенсивность излучения приводит к резкой интенсификации протекающих под действием света реакций деструкции и даже запускает цепные реакции фотоокисления.

В результате синергетического действия этих факторов имеет место существенное (в десять и более раз) снижение пороговых энергетических доз, необходимых для обеспечения требуемой эффективности обеззараживания и даже достижения стерилизующего эффекта.

Исследования бактерицидной эффективности нового метода обеззараживания воздуха и испытания импульсных УФ установок УИКБ-01-«АЛЬФА» и «Альфа-05» проводились в НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора.

Микробиологические исследования проводились по стандартной методике с использованием в качестве тест-микроорганизма *Staphylococcus aureus*, являющийся санитарно-показательным микроорганизмом.

Эксперименты проводились в помещениях объемом от 30 до 100 м<sup>3</sup> при естественном и искусственном уровнях зараженности воздуха. Исходные концентрации микроорганизмов варьировались от 10<sup>4</sup> тыс. до 10<sup>6</sup> бактериальных клеток в кубическом метре. Параллельно с отбором проб воздуха для биоанализов с помощью люминесцентного озонометра проводились замеры уровня озонирования.

В таблице 1 представлены рекомендованные режимы работы установки УИКБ-01-«АЛЬФА» для обеззараживания помещений различного объема в зависимости от степени бактерицидной эффективности.

В этой установке использовалась одна импульсная ксеноновая лампа, работающая с частотой следования импульсов света 2,5 Гц при средней электрической мощности 1,0 кВт. Во всех указанных режимах дезинфекции концентрация озона в помещениях не превышала его ПДК в атмосферном воздухе (0,03 мг/м<sup>3</sup>).

Анализ экспериментальных результатов показал, что при использовании импульсных ксеноновых ламп в 3,5 раза меньший бактерицидный поток обеспечивает в 5 раз более высокую производительность обеззараживания. Или, другими словами, бактерицидная эффективность высокоинтенсивного импульсного УФ излучения сплошного спектра примерно в 10–15 раз выше эффективности непрерывного УФ излучения ртутных бактерицидных ламп.

Спектр возбудителей ВБИ чрезвычайно широк и включает бактерии, грибы, вирусы и простейшие. Поэтому с целью оценки биоцидной активности высокоинтенсивного УФ излучения сплошного спектра по отношению к основным возбудителям госпитальных инфекций в лаборатории микробиологии ГНЦ РФ ИМБП РАН был проведен цикл экспериментальных исследований. Все эксперименты проводились с помощью серийной импульсной УФ установки УИКБ-01-«АЛЬФА».

Плотность энергии УФ излучения в бактерицидной полосе за один импульс на облучаемой поверхности варьировалась от 0,003 мДж/см<sup>2</sup> до 0,05 мДж/см<sup>2</sup>.

Микробиологические исследования проводились по стандартной методике. Облучение осуществлялось с расстояний от 1 до 4 метров от ксеноновой лампы до тест-объекта. Время облучения варьировало от 5 до 20 минут.

Плотность контаминации тест-объектов бактериями составляла 10<sup>5</sup>–10<sup>6</sup> колониеобразующих единиц (КОЕ), спорами плесневого гриба *Aspergillus niger* 10<sup>4</sup> КОЕ на 100 см<sup>2</sup> поверхности.

В результате проведенных исследований было установлено, что установка УИКБ-01-«АЛЬФА» за 5 минут работы обеспечила 99,9% гибель бактерий видов *S.aureus*, *P.vulgaris*, за 10 минут работы эффективность

**Таблица 1**

Объем помещен. (м <sup>3</sup> )	Время работы установки (сек) для бактерицидной эффективности				
	85%	90%	95%	99%	99,9%
50	16	20	26	44	60
100	32	40	52	88	120
150	48	60	78	132	180
200	64	80	104	176	240
250	80	100	130	220	300
300	96	120	156	264	360

**Длительность обеззараживания поверхности с эффективностью 99,9% от бактерий с расстояния 2 метра с помощью установки УИКБ-01-«АЛЬФА»**

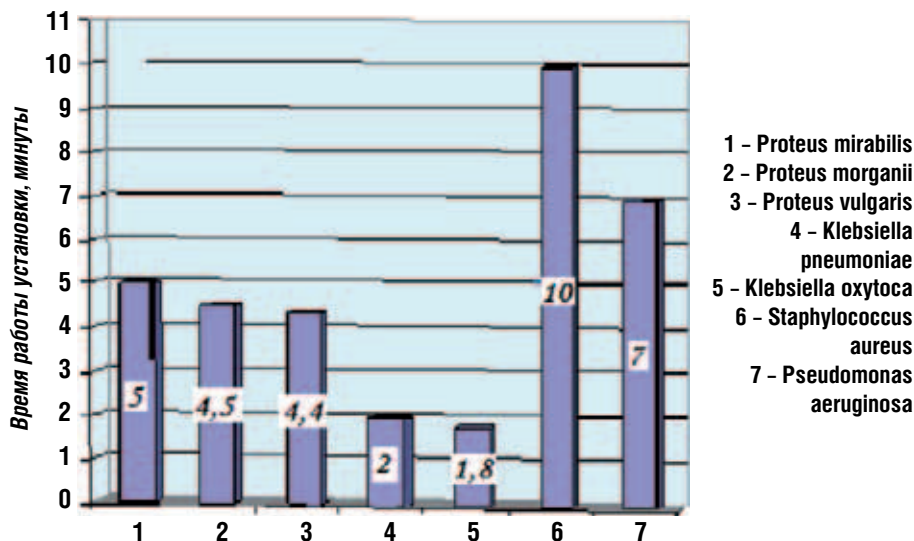


Рис. 2.

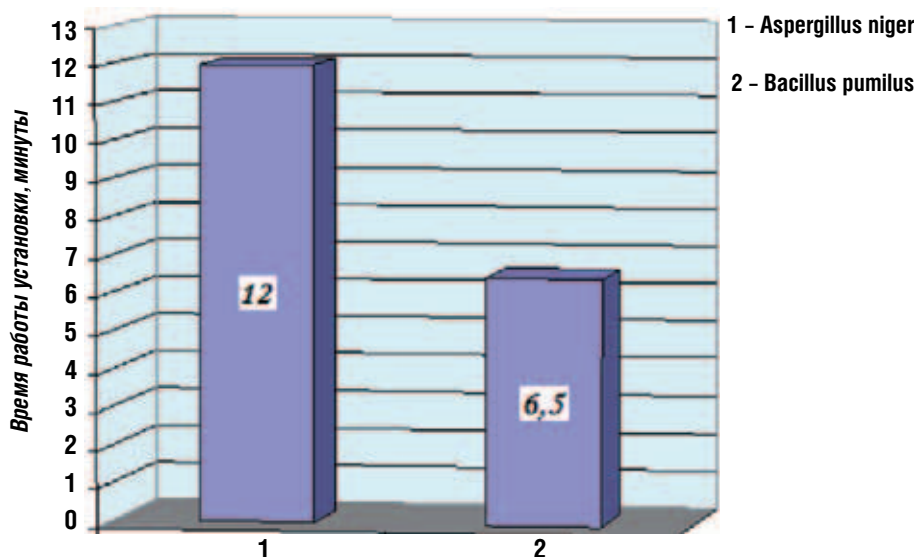


Рис. 3.

**Резистентность грибковой микрофлоры по отношению к импульсному УФ излучению**

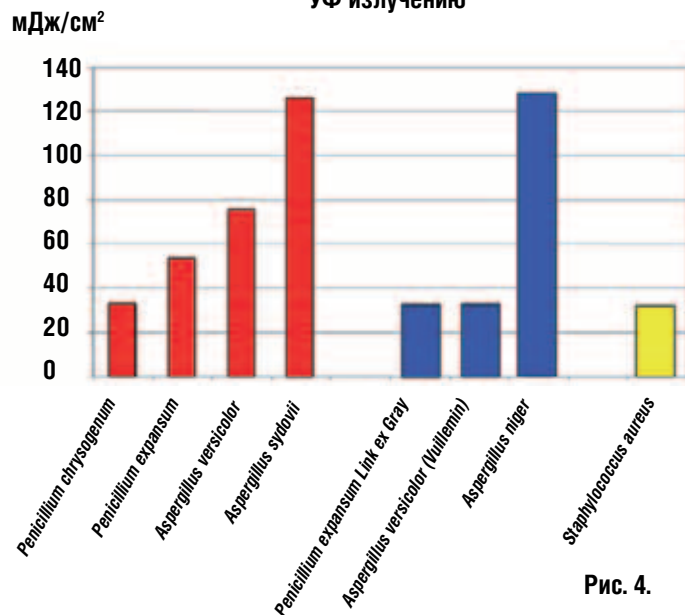


Рис. 4.

99,9% наблюдалась при облучении тест-объектов с бактериями видов *P.aeruginosa*, *P.mirabilis*, *P.morganii*, *K.pneumoniae*, *K.oxytoca* на расстоянии 2 метров от источника света (рис. 2).

При увеличении экспозиции до 15–20 минут уровень эффективности 99,9% обеспечивался на расстоянии 4 метров от установки.

Было показано, что за 16 минут работы установки наблюдалась спороцидная эффективность не менее 99,9% в отношении спор бактерий вида *B.pumilus* и гриба *A.niger* на расстоянии 1,5 метров (рис. 3). Одновременно достигалось снижение содержания остальных видов тест-микроорганизмов с  $10^5$ – $10^6$  КОЕ до  $10^1$  КОЕ на  $100 \text{ см}^2$  поверхности. В отдельных случаях отмечалось 100% эффективность обеззараживания поверхностей.

Так при оперативном обеззараживании помещений (10–20 минут) с эффективностью не менее 99,9% радиус действия установки в отношении споровых форм микроорганизмов составляет не менее 1,5 метров, а для бактериальных форм – 4 метра.

Дополнительно были проведены аналогичные эксперименты с госпитальными штаммами микроорганизмов. На рис. 4 представлены экспериментально полученные энергетические дозы, необходимые для снижения обсемененности облучаемой поверхности в 1000 раз. Проведенные исследования показали, что высокоинтенсивное УФ обладает широким спектром антимикробной активности, а установки серии «Альфа» с импульсными ксеноновыми лампами являются высокоэффективным и экологически чистым средством борьбы с широким кругом возбудителей госпитальных инфекций.

Результаты работы ярко демонстрируют, что высокоинтенсивное импульсное УФ излучение сплошного спектра является весьма эффективным фактором воздействия на микробиологическое загрязнение окружающей среды и мощным средством борьбы с ВБИ.

Импульсные ультрафиолетовые установки серии «Альфа» прошли многолетнюю успешную апробацию в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМН, Российском Онкологическом Научном центре им. Н.Н. Блохина РАМН, Научном центре акушер-

ства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова, Научном Центре здоровья детей РАМН, Клинической больнице Управления делами Президента РФ, Институте медико-биологических проблем РАН, НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, КБ №7, КБ №15 города Москвы, в клиниках ФМБА России (КБ №6, №86, №83, №170, №57, №122, №119) и во многих других научных центрах и лечебно-профилактических учреждениях страны, что позволило снизить уровень микробной обсемененности воздуха и, как следствие, уменьшить число случаев внутрибольничного инфицирования в этих учреждениях.

По приказу Минздравсоцразвития России от 01.12.2005 г. № 753 установки включены в таблицу

оснащения амбулаторно-поликлинических и стационарно-поликлинических учреждений муниципальных образований.

Импульсные ультрафиолетовые установки серии «Альфа» были поставлены в декабре 2007 года в Российский Онкологический Научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН и в течение полутора лет успешно применяются в комплексе проводимых дезинфекционных мероприятий.

Установки используются для плановой (заключительной и текущей) и экстренной дезинфекции воздуха в асептических помещениях-операционных блоках, перевязочных, манипуляционных, эндоскопических кабинетах отделений детской гематологии, детской онкологии, рентгено-хирургическом отделении.

**Результаты использования импульсных ксенонových установок серии «АЛЬФА» в отделениях Российского Онкологического Научного центра им. Н.Н. Блохина**

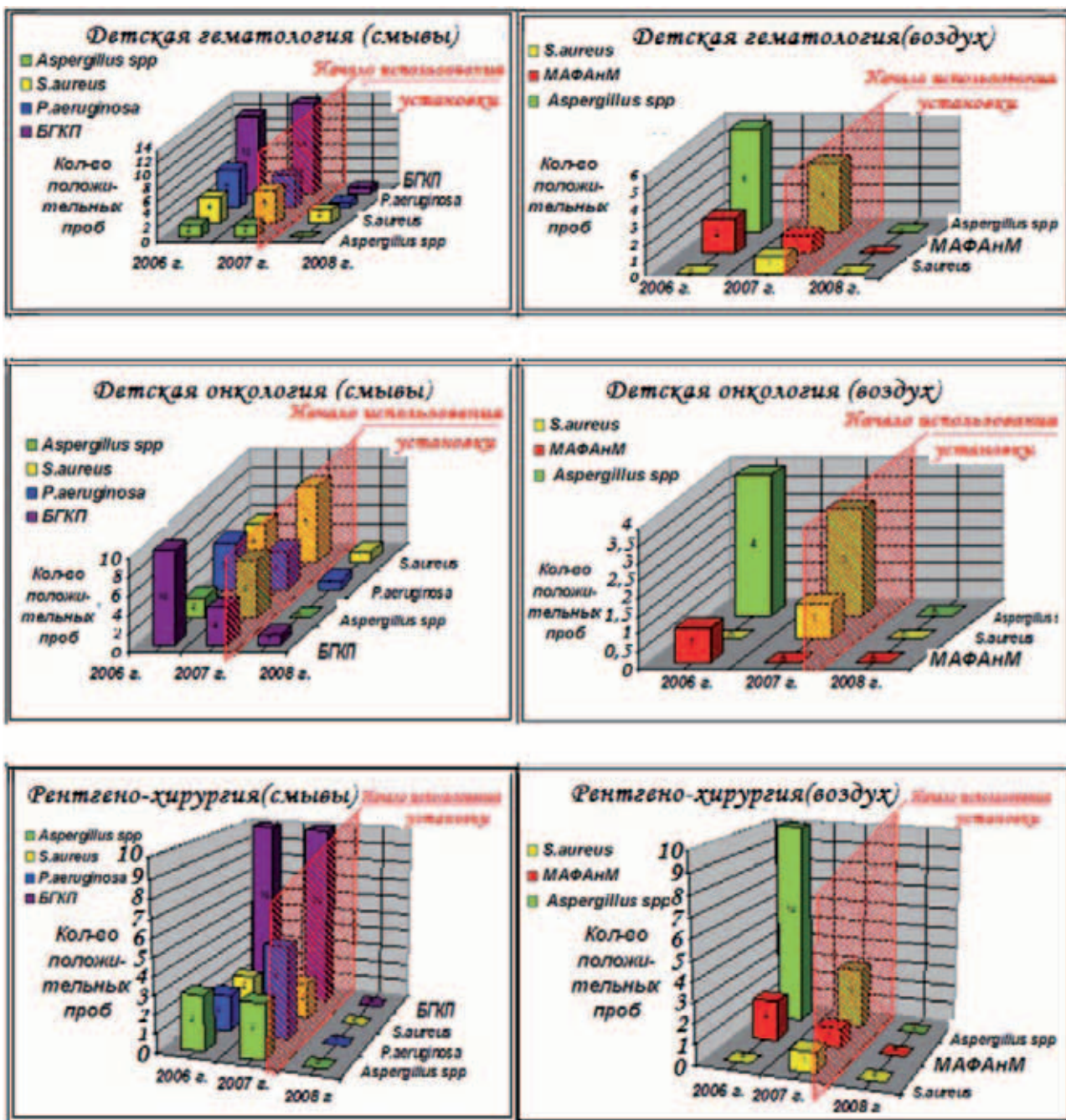


Рис. 5.

## Выводы:

Критерии оценки чистоты помещений в лечебно-профилактическом учреждении оценивались в соответствии с положениями СанПиН 1375-03 «Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров».

Анализ результатов санитарно-микробиологических исследований был проведен на основе данных мониторинга, проводимого лабораторией микробиологической диагностики и лечения инфекций в онкологии.

Контролем служили проведенные исследования воздуха и смывы с поверхностей внешней среды в этих же помещениях за период с 2006 по 2007 год, т.е. до применения импульсных ультрафиолетовых установок серии «Альфа».

Санитарно-микробиологические показатели исследованных помещений приведены в рис. 5.

На схемах видно, что общее количество «положительных результатов», т.е. результатов, превышающих допустимые уровни обсемененности (воздух), либо указывающих на факт наличия патогенной м/флоры (смывы), после начала эксплуатации установок серии «Альфа» резко снизилось до единичных (смывы), либо до 0 (воздух).

1. С помощью установок серии «Альфа» появляется возможность оперативно проводить дезинфекционную обработку помещений всех категорий в ЛПУ, в перерывах между операциями, перевязками и другими манипуляциями, не снижая потока больных и поддерживая микробный фон на требуемом минимальном уровне на протяжении всего рабочего дня.

2. Импульсные установки позволяют одновременно производить обеззараживание воздуха и открытых поверхностей в помещениях, что резко снижает риск повторного обсеменения воздуха со стен, мебели и т.д.

3. Возможность быстрого перемещения установок в сочетании с высокой производительностью позволяют обрабатывать помещения или объекты в случаях экстренных ситуаций.

4. Учитывая важное значение обеспечения качественно нового уровня воздушной среды лечебных учреждений, регламентированного требованиями действующих санитарных правил (СанПиН 2.1.3.1375-03), в которых определены допустимые уровни бактериальной обсемененности воздушной среды помещений при отсутствии плесневых и дрожжевых грибов, - использование отечественных инновационных импульсных установок серии «Альфа» становится одним из значимых направлений при организации комплекса дезинфекционных мероприятий.

## Литература:

1. *Безопасность пациентов. Доклад Секретариата 59 сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения, 4 мая 2006 г., пункт 11.16.*
2. [http://www.who.int/patientsafety/information\\_centre/GPSC\\_Launch\\_RU.pdf](http://www.who.int/patientsafety/information_centre/GPSC_Launch_RU.pdf)
3. *Профилактика внутрибольничных инфекций. Руководство для врачей. М., 1993; 220.*
4. *Камруков А.С., Козлов Н.П., Шашковский С.Г., Яловик М.С. Новые биоцидные ультрафиолетовые технологии и аппараты для санитарии, микробиологии и медицины. // Ж. Безопасность жизнедеятельности, 2003 №1. с. 32-40.*
5. *Владимиров Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов: учебник для вузов/Ю.А. Владимиров, Я.А. Поталенко. – 2-е изд., - М.: Дрофа, 2006. – 285 с.*
6. *СанПиН 2.1.3.1375-03 «Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров».*
7. *Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ №753 от 01.12.2005 г. «Об оснащении диагностическим оборудованием амбулаторно-поликлинических и стационарно-поликлинических учреждений муниципальных образований».*
8. *Руководство Р 3.5. 1904-04 «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях».*