

МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ (РЕГУЛИРУЕМЫХ ГАЗОВЫХ) СРЕД НА ОСНОВЕ НАНО- И УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЙОДА НА ПАТОГЕНЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ И ГРИБКОВОЙ ЭТИОЛОГИИ

¹ВАХРУШЕВ А. В., ²ГОЛУБЧИКОВ В. Б., ²ЖИВОТКОВ А. В.

¹ Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, 426034, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

² ООО «Научно-производственная фирма «НОРД», 614990, г. Пермь, ул. Левченко, 1

АННОТАЦИЯ. В работе приведены результаты исследований средства профилактики и борьбы с патогенами на основе регулируемых газовых сред на основе нано- и ультрадисперсных соединений йода. Проведены исследования на патогенах бактериальной этиологии (стафилококк, кишечная палочка, синегнойная палочка и др.), а также грибковой, в лабораторных условиях, в условиях животноводческих производств, больниц. Представлена динамика эффективности в зависимости от концентрации действующего вещества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: регулируемые газовые среды, нано- и ультрадисперсный аэрозоль, патогены, регулируемая газовая среда, дезинфекция.

ВВЕДЕНИЕ

Ряд дезинфицирующих веществ, например, окислителей (хлор, йод и их соединения, перекись водорода, калий марганцево-кислый), минеральные соли (сернистая, борная, фтористоводородная), вызывают активные окислительные процессы, не свойственные метаболизму клетки патогенов. Дополнительно, данные вещества блокируют работу ферментных систем патогенов, что в совокупности приводит к клеточной гибели.

Многие химические вещества используют в медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, как дезинфицирующие, они:

- вызывают быструю (в течение нескольких минут) гибель клеток патогенов (дезинфицирующие вещества более активны в средах бедных органическими веществами);
- уничтожают не только вегетативные клетки, но и споры;
- не вызывают появления устойчивых форм микроорганизмов.

В пищевой промышленности в качестве дезинфицирующих веществ применяют вещества, содержащие активный хлор (хлорамин, хлорная известь). В медицине широко применимы соединения йода, перекись водорода. В сельском хозяйстве применяют формальдегиды.

С начала прошлого века отечественные и зарубежные ученые обратили внимание на йод и его соединения как многофункциональный агент, способный бороться с патогенами различной этиологии, не вызывая эффекта сопротивления [1 – 3].

В своей работе коллектив специалистов ООО «НПФ «НОРД» и Института механики УдмФИЦ УрО РАН ставил задачу создания и внедрения средства борьбы с патогенами, отличающегося рядом особенностей:

- безопасность применения средства. Возможность варьирования концентраций и использования в условиях обитаемых (люди, животные, растения) и необитаемых объектов. Отсутствие остаточного токсического эффекта, возможность обработки пищевых продуктов и их дальнейшей реализации;

- внесение регулируемой газовой среды (РГС) объемным способом в виде сухого аэрозоля конденсированных частиц. Создание по всему объему объекта равномерной концентрации, включая затененные зоны, вертикальные и горизонтальные ниши;

- низкие трудозатраты, обеспечиваемые методом внесения РГС.

Результатом опытно-конструкторских работ и широкого перечня литературных и экспериментальных исследований явилось создание продуктов:

- минеральный комплекс «х»;
- генератор многофункциональных сред «йод».

В основе изделий лежит использование спрессованной в цилиндрическую шашку смеси теплогенерирующего состава, в которую введены соединения йода. При активации шашки, путем воздействия пламени, начинается синтез:

- транспортных веществ: углекислого газа CO_2 и азота N_2 , задачей которых является равномерное распределение активного вещества по объему;
- активного вещества – нано- и ультрадисперсные соединений йода, воздействующих на клетки патогенов различной этиологии.

На рис. 1 представлено фото генераторов различных типоразмеров: на 22, 85 и 600 граммов активного вещества, что позволяет обрабатывать различные величины объема, создавать различные концентрации с целью: санации воздуха, профилактики (контроля популяции патогенов) и дезинфекции (борьбы с патогенами).

На рис. 2 представлена конструктивная схема минерального комплекса «х», где в процессе работы теплогенерирующего состава происходит возгонка действующего (активного) вещества, смешивание продуктов разложения теплогенерирующего состава и активного вещества и распространение полученной среды по объему обрабатываемого объекта в виде нано- и ультрадисперсных аэрозолей.



Рис. 1. Генераторы многофункциональных сред «йод»

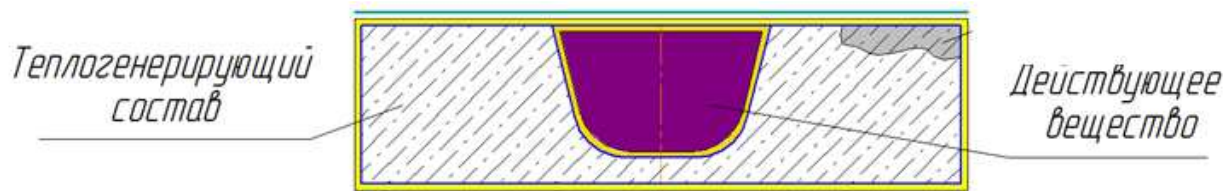


Рис. 2. Минеральный комплекс «х»

Процесс синтеза активного вещества и транспортных веществ представлен на рис. 3. Буро-фиолетовый цвет в аэрозоле – активное вещество, переведенное в аэрозоль, белая составляющая – продукты разложения теплогенерирующего состава. Серый цилиндр справа – минеральный комплекс «х» по завершению процесса синтеза.



Рис. 3. Процесс синтеза РГС. Минеральный комплекс «х»

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Регулируемая газовая среда (РГС) состоит из транспортной составляющей – газа CO_2 и N_2 , а также активного вещества – нано- и ультрадисперсных соединений йода.

Целью исследований было определение воздействия РГС на объекты исследований – патогены следующих этиологий (в лабораторных и производственных условиях):

- бактерий – маркерных патогенов;
- бактерий – патогенов.

ДЕЙСТВИЕ РГС НА ПАТОГЕНЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЭТИОЛОГИИ

В лабораторных условиях проведены исследования по воздействию РГС на два маркерных патогена:

- *Staphylococcus* 906, характеризующий устойчивость кишечной группы бактерий;
- *Escherichiacoli* 1257, наиболее устойчивый вид из кокковой группы микробов;

а также на патоген *Pseudomonas aeruginosa* – патоген вызывающий сепсис. Устойчив к воздействию антибиотиков.

В этом разделе и далее используются материалы и методы, описанные в [4 – 12].

Условия проведения эксперимента:

1. Для каждого патогена обеспечены оптимальные условия роста, включая режимы термостатирования и питательной среды.

2. Микробная нагрузка для каждой из посеянных культур составляет 10^7 (шт.) / cm^2 .

3. Для эксперимента используются контрольная (без РГС) и экспериментальная (с РГС) группы. Условия среды по температуре и влажности для опытной и контрольной групп аналогичны.

4. Время экспозиции 30 мин.

5. Результат оценивался спустя 24 – 72 ч после экспозиции.

Результаты исследований показаны в табл. 1 и на гистограммах рис. 4.

Микробная нагрузка патогена

Патоген	Концентрация «х»		Концентрация «2х»	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Staphylococcus 906	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутствует
Eschecherichia coli 1257	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^4 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^2 \cdot \text{см}^{-2}$
Pseudomonas aeruginosa	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^6 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^7 \cdot \text{см}^{-2}$	$10^2 \cdot \text{см}^{-2}$

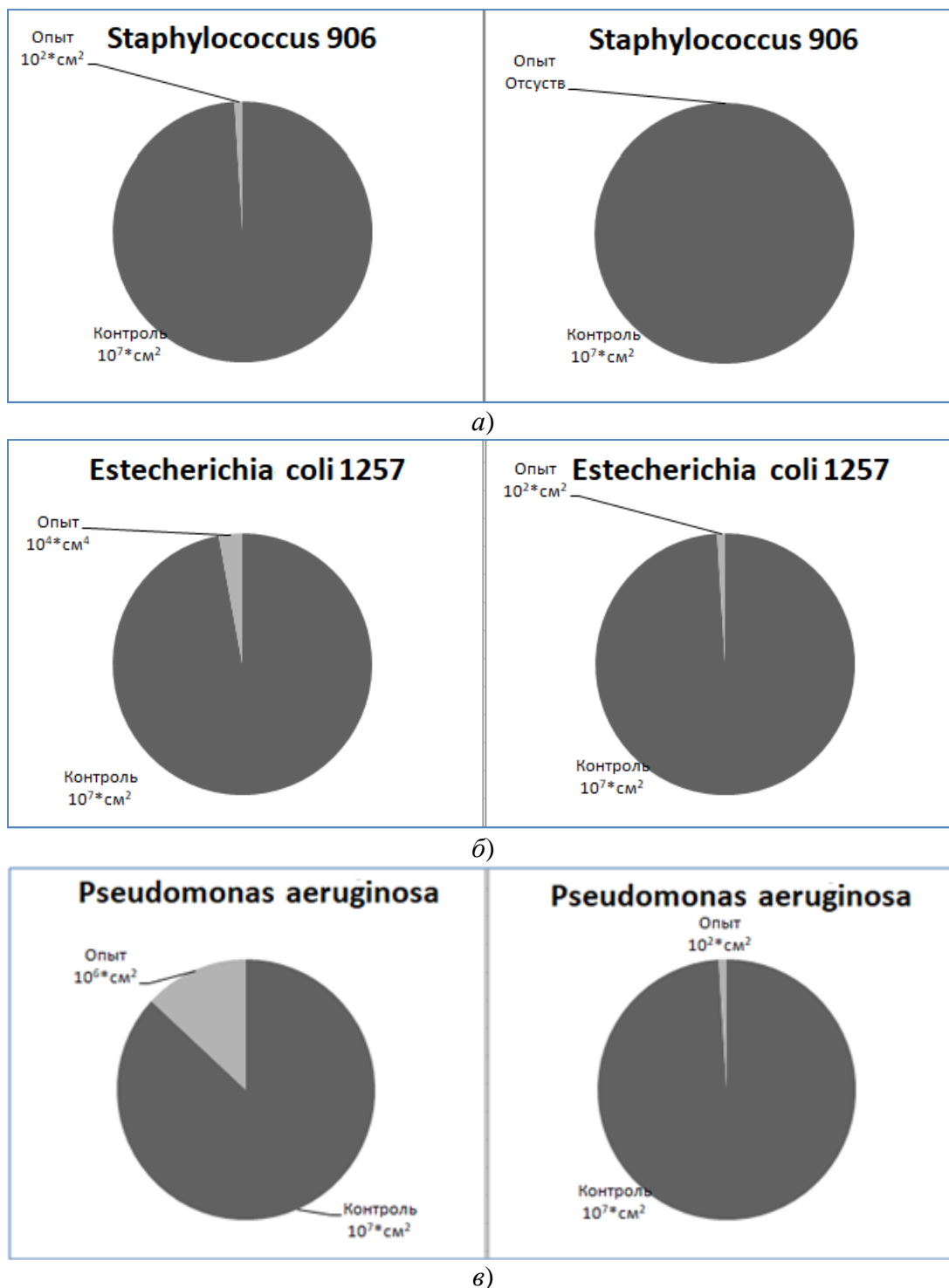


Рис. 4. Соотношение микробной обсемененности для опытных и контрольных образцов при экспозиции концентрациями «х» (левый) и «2х» (правый): а) – Staphylococcus 906; б) – Escherichia coli 1257; в) – Pseudomonas aeruginosa

На графических материалах ниже изображены результаты роста колоний в лабораторных условиях на образцах опытной (обработанной) и контрольной (без обработки) группы. Образцы были посеяны в чашки Петри, каждая культура на оптимальный питательный раствор (рис. 5 – 7).

В серии опытов для концентрации «х» использованы чашки с перемычкой, где в одну половину для образцов опытной и контрольной группы производился посев, а в другую нет. Это выполнено с целью подтверждения уровня стерильности в лаборатории за счет отсутствия каких-либо колоний на незасеянном участке по завершению термостатирования.

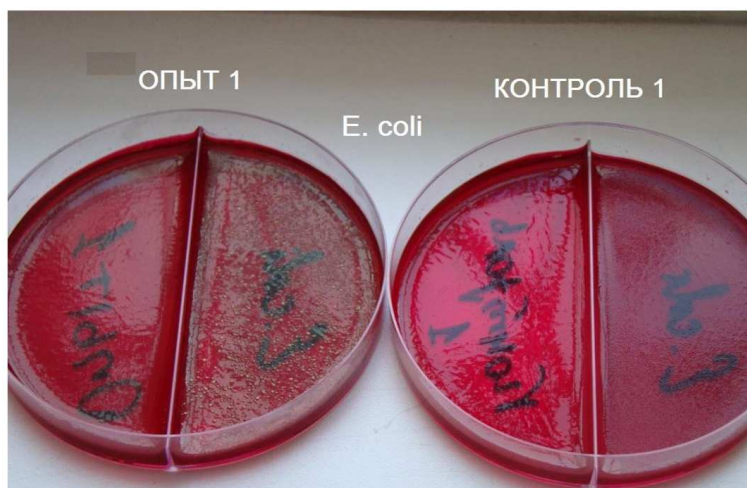


Рис. 5. Опытный и контрольный образец посева *Escherichia coli*. Концентрация «х»

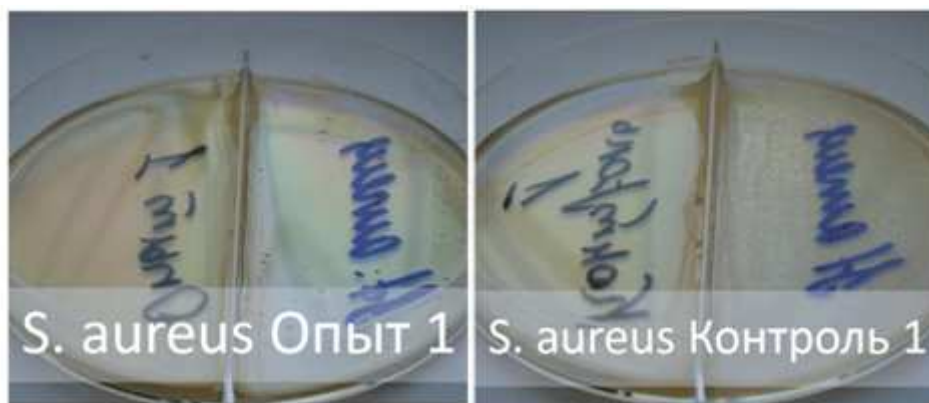


Рис. 6. Опытный и контрольный образец посева *Staphylococcus*. Концентрация «х»



Рис. 7. Опытный и контрольный образец посева *Pseudomonas aeruginosa*. Концентрация «2х»

Стоит отметить, что для маркерных патогенов *Staphylococcus* и *Escherichia coli* применение РГС на основе соединений йода привело к существенному снижению роста колоний. Бактериальная обсемененность снижена от 10^3 (тысячи) до 10^5 (ста тысяч) раз. В одном из опытов рост колоний *Staphylococcus* остановлен полностью.

Отдельно, высокий результат достигнут при воздействии на синегнойную палочку *Pseudomonas aeruginosa*, патоген, характеризующийся высокой устойчивостью к антибиотикам. Если в серии опытов с концентрацией «х» обсемененность снижена в 10 раз, то при повышении концентрации до «2х», количество колоний сократилось в 10^5 (сто тысяч) раз.

После проведения лабораторного цикла исследований (результаты представлены в табл. 1 и на рис. 4, 5 – 7) выполнены испытания в отделении вскрытия Института патологии и бактериологии госпиталя кайзера Франца-Иосифа, г. Вена.

В качестве патогенов присутствовали следующие культуры: *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus fecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile*, а также грибковый штамм *Candida albicans*, высеянные на поверхности рабочих больничных халатов и на пластиковых покрытиях столов.

1. Начальная концентрация патогенов на поверхностях составила $> 10^7 \cdot \text{см}^{-2}$.

2. Время экспозиции составило 2,5 ч.

3. Концентрация действующих веществ – «2х».

4. Время выдержки патогенов после экспозиции (время культивирования) – 48 ч.

На момент оценки результатов экспериментов были взяты смывы с рассматриваемых поверхностей. Полученные данные показали, что после экспозиции микробная обсемененность снизилась в 10 000 раз и составила $< 10^3 \cdot \text{см}^{-2}$, что подтвердило правильность выбора концентрации в лабораторных условиях.

Общим эффектом для всех патогенов является наличие безростовых зон, где колонии не выросли, и посев на которые не приводит к росту новых колоний. Обработка поверхностей с питательными средами останавливает рост колоний, а не просто временно их замедляет.

РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.

Птицефабрика «Вараксина», Ижевск, Удмуртская Республика

В качестве маркерного патогена рассматривались бактерии группы кишечной палочки *Escherichia coli* и золотистые стафилококки *Staphylococcus aureus*.

1. В качестве обрабатываемого помещения рассматривалась вскрывочная.

2. Контролируемые поверхности: стол, пол, двери, стена (кафель), стена (лакокрасочное покрытие).

3. Концентрация действующего вещества «х».

Кроме того, осуществлялся забор проб воздуха.

При изначально низкой микробной обсемененности, не более $10^4 \cdot \text{см}^{-2}$, выполнено полное уничтожение бактериальных патогенов малыми концентрациями действующего вещества. Это может свидетельствовать о возможности периодической профилактической обработки помещений, что не даст возможности культивироваться патогенам до высоких концентраций (10^7 и выше), табл. 2.

Таблица 2

Результаты смывов

Поверхность	<i>Escherichia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>	
	до дезинфекции	после	до дезинфекции	после
1. Пол	<i>Escherichia coli</i> $10^4 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.	<i>Escherichia coli</i> $10^4 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.
2. Дверь	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.
3. Стена (кафель)	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.
4. Стена (лакокрасочное покрытие)	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.	<i>Escherichia coli</i> $10^2 \cdot \text{см}^{-2}$	отсутств.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. Витебск. Республика Беларусь

Птичник

Использование РГС для санации птичников. При проведении практических испытаний бактерицидных свойств РГС на основе соединений йода, при санации птичника в присутствии цыплят-бройлеров установлено, что после проведения обработки в смывах, взятых с поверхности стен, кормушек и другого технологического оборудования, не выявлено бактерий рода *Staphylococcus* (80 % из общего числа отобранных смывов) и *E.coli* (100 % от общего числа смывов). Дезинфекция в птичнике объемом 9500 м³ проводили в присутствии 24 тысяч голов цыплят-бройлеров 37-дневного возраста. Источники РГС располагали равномерно в десяти точках помещения. При синтезе образовывался аэрозоль, который равномерно заполнял всё помещение птичника. Экспозиция РГС в птичнике составила 30 мин. По результатам saniрующего действия РГС на патогены в воздухе, общая микробная обсемененность снизилась на 30 %, содержание кишечной палочки > 40 % (табл. 3, рис. 8, 9). Также в процессе проведения дезинфекции не отмечено изменений в клиническом состоянии птицы (беспокойства, кашля, чихания и иных патологических реакций).

Таблица 3

Эффективность saniрующего действия РГС при дезинфекции птичника для выращивания цыплят-бройлеров

Показатель	До проведения дезинфекции	После проведения дезинфекции
Общая микробная обсемененность воздуха, КОЕ/м ³	191323	141138
Содержание кишечной палочки в воздухе, КОЕ/м ³	6057	3454

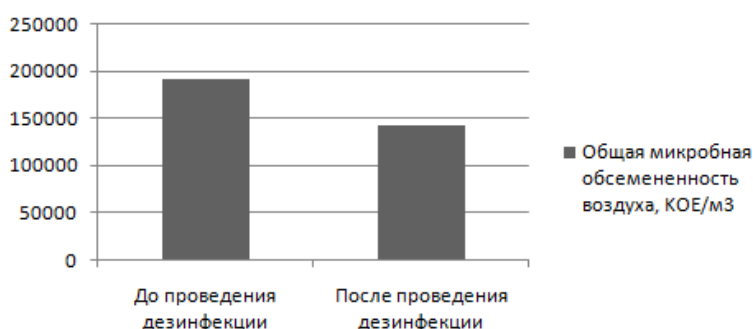


Рис. 8. Общая микробная обсемененность воздуха

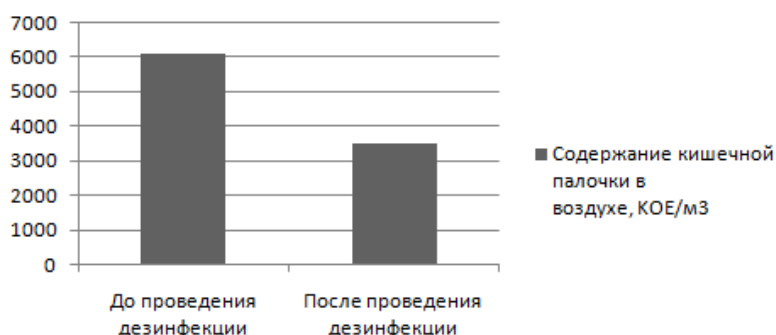


Рис. 9. Содержание кишечной палочки в воздухе

Свинарник

Проведены экспериментальные исследования по воздействию на патогены в условиях свинарника в присутствии животных. Препарат применялся для профилактической сухой дезинфекции помещения. Дезинфекцию проводили в двух секторах участка для дорастивания поросят в присутствии 529 и 537 голов поросят 64- и 68-дневного возраста. Препарат располагали равномерно в двух точках каждого сектора. Экспозиция РГС – 30 мин.

Контроль качества дезинфекции проводили по наличию на поверхностях обрабатываемых помещений жизнеспособных клеток санитарно-показательных микроорганизмов (кишечной палочки и стафилококков). При оценке saniрующих свойств отмечено, что общее количество микроорганизмов и содержание стафилококков в воздухе после проведения дезинфекции снижалось до 2 раз по сравнению с исходным фоном. Роста кишечной палочки не установлено или отмечен рост единичных колоний (табл. 4, рис. 10, 11).

Таблица 4

Эффективность saniрующего действия РГС при дезинфекции свиарника для выращивания поросят

Концентрация	Общая микробная обсемененность воздуха, КОЕ/м ³	
«х»	44762	22698
«2х»	296345	219177

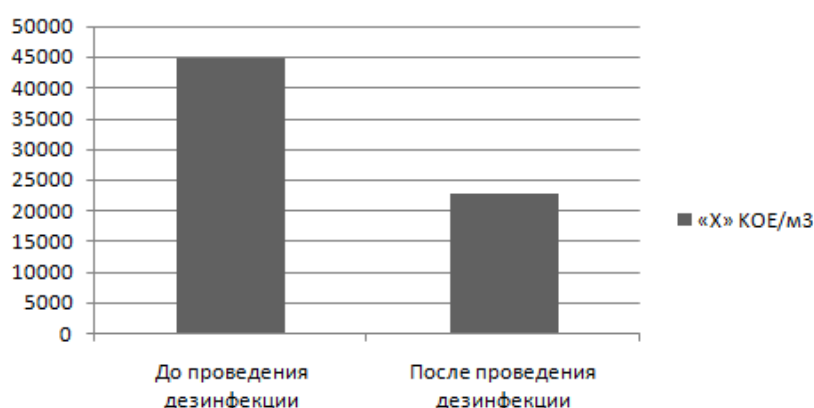


Рис. 10. Общая микробная обсемененность КОЕ/м³. Концентрация «х»

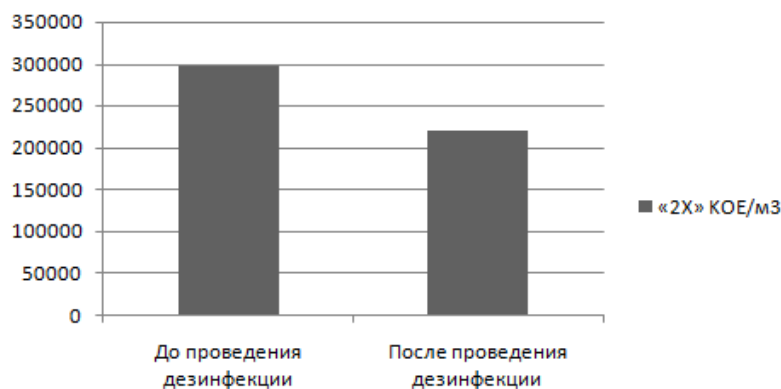


Рис. 11. Общая микробная обсемененность КОЕ/м³. Концентрация «2х»

Телятник

Ниже (табл. 5, рис. 12, 13) представлены результаты исследований по дезинфекции телятников. Концентрация аэрозоля «х». Обработка в присутствии животных.

Дезинфекцию проводили в присутствии 400 голов телят в возрасте от одного месяца до года.

Таблица 5

Эффективность saniрующего действия РГС при дезинфекции телятников

Показатель	До проведения дезинфекции	После проведения дезинфекции
Общая микробная обсемененность воздуха, КОЕ/м ³	72500	30750
Содержание кишечной палочки в воздухе, КОЕ/м ³	27500	2800

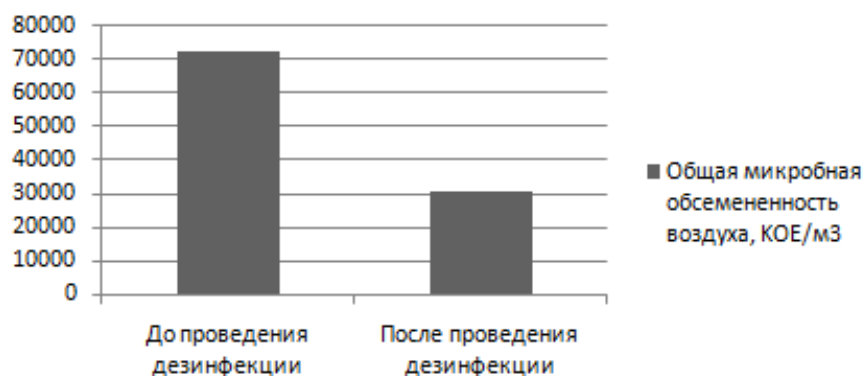


Рис. 12. Общая микробная обсемененность воздуха в телятнике

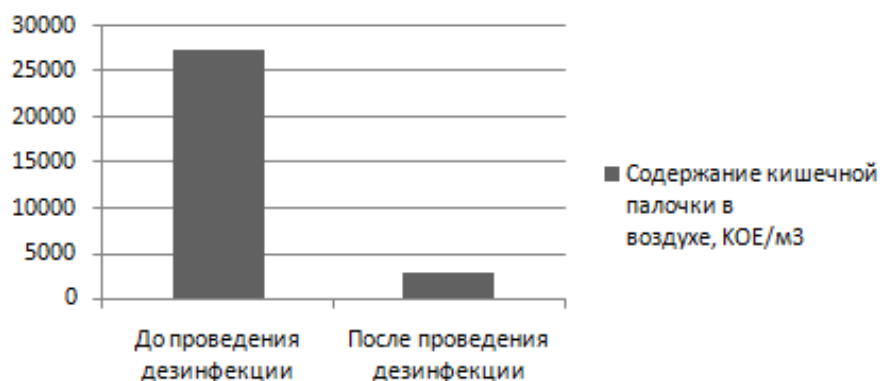


Рис. 13. Содержание кишечной палочки в воздухе телятника

В процессе работы генератора многофункциональных сред РГС равномерно заполнила телятник. Экспозиция составила 30 минут. Контроль качества, как и в предыдущих опытах, проводили по наличию на поверхностях обрабатываемых помещений жизнеспособных клеток маркерных патогенов. Проводили оценку общей микробной обсемененности и содержания кишечной палочки в воздухе.

Было установлено, что после экспозиции в смывах, взятых с поверхности ограждающих конструкций (пол, стены, кормушка), не выявлено бактерий рода *Staphylococcus* и *E.coli*. При оценке санирующих свойств отмечено, что общее количество микроорганизмов в воздухе после проведения дезинфекции снижалось в 2 раза по сравнению с исходным бактериальным фоном. Кроме того, отмечено значительное снижение кишечной палочки в воздухе (в 10 раз) по сравнению с исходным уровнем. В 50 % из отобранных проб воздуха роста кишечной палочки или не отмечено, или наблюдается рост единичных колоний. Также в процессе проведения дезинфекции не отмечено изменения клинического состояния животных (беспокойства, кашля, чихания).

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования по определению бактерицидных свойств РГС относительно патогенов бактериальной этиологии в лаборатории и в условиях сельскохозяйственного производства.

2. Отмечена высокая эффективность РГС на основе нано- и ультрадисперсных аэрозолей по уничтожению и остановке роста колоний маркерных патогенов рода *Staphylococcus* и *Escherichia coli*, где обсемененность в отдельных опытах снижалась в 10^5 (сто тысяч раз) или колонии уничтожались полностью.

3. Количество патогенов в воздухе после обработки снижалось в два и более раза, что благоприятно сказывалось на условиях содержания животных.

4. Приведенные обработки проводились в присутствии животных (птицы, поросята, телята). В результате обработки наблюдалось сокращение падежа животных детского возраста в 2 – 4 раза. Изменений клинического состояния животных во время и после обработки не наблюдалось.

5. Отдельно исследовалось воздействие РГС на синегнойную палочку *Pseudomonas aeruginosa*, патоген устойчивый к антибиотикам. В результате обработки удалось снизить обсемененность поверхности в 10^5 (сто тысяч) раз и полностью остановить рост колоний.

6. Применение РГС на основе соединений йода и способ обработки показали высокую эффективность, сопряженную с низкими трудозатратами.

7. Дополнительно применение РГС показало отсутствие негативного, в том числе коррозионного и косметического эффекта на элементы отделки, ограждающие конструкции, оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gottardi W. Iodine and iodine compounds // In Book: Block S. S. Disinfection, sterilization, and preservation, ed. 4. Philadelphia: Lea and Febiger, 1991, pp. 152-166.
2. Derry D. Iodine: the Forgotten Weapon Against Influenza Viruses // Thyroid Science, 2009, vol. 4(9), pp. R1-5.
3. Солодников С. Ю., Солова И. В. Термовозгонные шашки // Ветеринария. 2006. № 5. С. 15-18.
4. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора. Приложение 3. Методические указания по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства. М., 2002.
5. Р 4.2.2643-10 Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. М., 2010.
6. МУК 4.2.2316-08 Методы контроля бактериологических питательных сред. М., 2008.
7. Инструкция по порядку и периодичности контроля за содержанием микробиологических и химических загрязнителей в мясе, птице, яйцах и продуктах их переработки. М., 2000.
8. Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю тушек, мяса птицы, птицепродуктов, яиц и яйцепродуктов на птицеводческих и птицеперерабатывающих предприятиях. М., 1990.
9. Ануфриев А. Н., Золотарев А. И., Ануфриев П. А., Ильина Н. А. Безаппаратное получение аэрозолей дезинфектантов и лекарственных препаратов // Ветеринария. 2004. № 8. С. 7.
10. Боченин Ю. И. Аэрозоли в профилактике инфекционных заболеваний сельскохозяйственных животных // Ветеринарный консультант. 2004. № 23-24. С. 10-18.
11. Бирман Б. Я., Готовский Д. Г. Методические рекомендации по аэрозольной дезинфекции птицеводческих помещений. Минск: РНИИУП «ИЭВ им. С.Н. Вышелесского», 2007. 56 с.
12. Ветеринарно-санитарные правила по проведению ветеринарной дезинфекции. Методические указания по контролю качества дезинфекции и санитарной обработки объектов, подлежащих ветеринарному надзору : сб. нормативно-правовых документов по ветеринарии / гл. ред. Аксенов А.М. Минск, 2007. 96 с.

MECHANISMS OF ACTION OF MULTIFUNCTIONAL (CONTROLLED ATMOSPHERE) MEDIA SUBMITTED BY NANO- AND ULTRAFINE IODINE COMPOUNDS ON PATHOGENS OF BACTERIAL AND FUNGIUM ETIOLOGY

¹Vakhrushev A. V., ²Golubchikov V. B., ²Zhivotkov A. V.

¹ Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Izhevsk, Russia

² Scientific-Production Company «NORD» LLC, Perm, Russia

SUMMARY. The paper presents the results of research on the means of preventing and controlling pathogens based on controlled gaseous media based on nano- and ultrafine iodine compounds. Studies have been conducted on pathogens of bacterial etiology (*staphylococcus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, etc.), as well as fungal infections, in laboratory conditions and in conditions of livestock production, as well as hospitals. Presents the dynamics of efficiency, depending on the concentration of the active substance.

KEYWORDS: controlled atmosphere, nano- and ultrafine aerosol, pathogens, regulated gaseous environment, disinfection.

REFERENCES

1. Gottardi W. Iodine and iodine compounds. In Book: Block S. S. *Disinfection, sterilization, and preservation*, ed. 4. Philadelphia: Lea and Febiger, 1991, pp. 152-166.
2. Derry D. Iodine: the Forgotten Weapon Against Influenza Viruses. *Thyroid Science*, 2009, vol. 4(9), pp. R1-5. <https://pdf4pro.com/view/iodine-the-forgotten-weapon-against-influenza-viruses-35ca3d.html>
3. Solodnikov S. Yu., Solova I. V. Termovozgonnie shashki [Thermo-projectile drafts]. *Veterinariya* [Veterinary], 2006, no. 5, pp. 15-18.
4. *Pravila provedeniya dezinfeksii i dezinivazii ob"ektov gosudarstvennogo veterinarnogo nadzora. Pril. 3. Metodicheskie ukazaniya po kontrolyu kachestva veterinarnoy dezinfeksii ob"ektov zhivotnovodstva* [Rules for disinfection and disinfection of objects of state veterinary supervision. Appen. 3. Guidelines for quality control of veterinary disinfection of livestock facilities]. Moscow, 2002. <http://docs.cntd.ru/document/420258792>
5. R 4.2.2643-10 *Metody laboratornykh issledovaniy i ispytaniy dezinfektsionnykh sredstv dlya otsenki ikh effektivnosti i bezopasnosti* [R 4.2.2643-10 Methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their effectiveness and safety]. Moscow, 2010. <http://docs.cntd.ru/document/1200086231>
6. MUK 4.2.2316-08 *Metody kontrolya bakteriologicheskikh pitatel'nykh sred* [MUK 4.2.2316-08 Methods for the control of bacteriological nutrient media]. Moscow, 2008. <http://docs.cntd.ru/document/1200067870>
7. *Instruktsiya po poryadku i periodichnosti kontrolya za sodержaniem mikrobiologicheskikh i khimicheskikh zagryazniteley v myase, ptitse, yaytsakh i produktakh ikh pererabotki* [Instructions on the procedure and frequency of monitoring the content of microbiological and chemical pollutants in meat, poultry, eggs and their products]. Moscow, 2000. <http://docs.cntd.ru/document/1200030090>
8. *Instruktsiya po sanitarno-mikrobiologicheskomu kontrolyu tushek, myasa ptitsy, ptitseproduktov, yayts i yaitseproduktov na ptitsevodcheskikh i ptitsepererabatyvayushchikh predpriyatiyakh* [Instructions for the sanitary-microbiological control of carcasses, poultry meat, poultry products, eggs and egg products at poultry and poultry processing plants]. Moscow, 1990. <http://docs.cntd.ru/document/1200094516>
9. Anufriev A. N., Zolotarev A. I., Anufriev P. A., Il'ina N. A. Bezapparatnoe poluchenie aerozoley dezinfektantov i lekarstvennykh preparatov [Beacon-free production of aerosols of disinfectants and drugs]. *Veterinariya* [Veterinary], 2004, no. 8. p. 7. <https://elibrary.ru/item.asp?id=16826564>
10. Bochenin Yu. I. Aerozoli v profilaktike infektsionnykh zabollevaniy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Aerosols in the prevention of infectious diseases of farm animals]. *Veterinarnyy konsul'tant* [Veterinary Consultant]. 2004. no. 23-24, pp. 10-18.
11. Birman B. Ya., Gotovskiy D. G. *Metodicheskie rekomendatsii po aerazol'noy dezinfeksii ptitsevodcheskikh pomeshcheniy* [Guidelines for aerosol disinfection of poultry premises]. Minsk: RNIUP «IEV im. S.N. Vyshel'skogo» Publ., 2007. 56 p.
12. *Veterinarno-sanitarnye pravila po provedeniyu veterinarnoy dezinfeksii. Metodicheskie ukazaniya po kontrolyu kachestva dezinfeksii i sanitarnoy obrabotki ob"ektov, podlezhashchikh veterinarnomu nadzoru* [Veterinary and sanitary regulations for veterinary disinfection. Guidelines for quality control of disinfection and sanitization of facilities subject to veterinary supervision]. Sb. normativno-pravovykh dokumentov po veterinarii. redkol. / gl. red Aksenov A.M. Minsk, 2007. 96 p.

Вахрушев Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией механики наноструктур Института механики УдмФИЦ УрО РАН, тел. (3412) 21-45-83, e-mail: yakhrushev-a@yandex.ru

Голубчиков Валерий Борисович, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «НПФ «НОРД»

Животков Андрей Васильевич, главный инженер ООО «НПФ «НОРД», тел. (342)224-04-67, e-mail: nord59r@mail.ru