

УДК 614.485; 614.487

PACS: 87.50; 92.60.Sz

О некоторых «суперсовременных» методах обеззараживания воздуха*Л. М. Василяк, Н. Н. Кудрявцев, О. А. Попов, А. Д. Смирнов****Представлен критический анализ технологий обеззараживания воздуха на примерах оборудования производителей в России.****Ключевые слова:* воздух, обеззараживание, дезинфекция, фильтрация, УФ-излучение.***Ссылка:*** Василяк Л. М., Кудрявцев Н. Н., Попов О. А., Смирнов А. Д. // Прикладная физика. 2020. № 5. С. 5.***Reference:*** L. M. Vasilyak, N. N. Kudryavtsev, O. A. Popov, and A. D. Smirnov, Applied Physics, No. 5, 5 (2020).

В последние 20–30 лет идет интенсивное совершенствование технологий очистки и обеззараживания воздуха. Для обеззараживания воздуха, в рамках подхода о необходимости полного удаления патогенной микрофлоры, декларируемого нормативными документами, как правило, требуется обеспечить высокую эффективность (не менее 99,9 %) для всех микроорганизмов, включая споры и вирусы. В докладе Агентства по защите окружающей среды (США) «Критическая оценка технологий очистки воздуха в зданиях, 2008 г.» [1], признанными и наиболее приемлемыми, по мнению авторов, технологиями очистки и обеззараживания воздуха являются:

1. Механическая фильтрация;
2. Электростатически усиленная фильтрация;
3. Электретные фильтры;
4. Электростатическое осаждение;
5. Ультрафиолетовое бактерицидное облучение.

Эффективность фильтрации определяется как свойствами самого фильтра, так и размером частиц, которые необходимо удалять из воздуха. Основную массу пылевых частиц в воздухе составляют частицы размером 10–100 мкм, однако при обеззараживании воздуха фильтрованием необходимо удалять частицы размером от 0,05–5 мкм (бактерии, споры, вирусы). Для решения этой задачи приходится применять сложные многоступенчатые системы. Такая система состоит из 3–4 ступеней фильтрации: G(4-5) + F(5-8) + H(11-12) + H(13-14), имеет потери напора от 2 до 4 кПа, и требует достаточно высокой электрической мощности (например, для обеспечения расхода воздуха 10 000 м³/час требуется порядка 20–40 кВт мощности), специальных дорогостоящих вентиляторов с плавным запуском, сложной системы автоматического контроля и т. п.

К недостаткам или так называемым рискам таких многоступенчатых фильтровальных систем относят: а) возможность «залповых» выбросов накопленных частиц, в том числе, микроорганизмов при остановке и повторном запуске вентсистемы; б) технику смены, очистки и утилизации отработанных фильтров; в) возможность размножения на филь-

Василяк Леонид Михайлович¹, г.н.с., д.ф.-м.н.
Кудрявцев Николай Николаевич², ректор, д.ф.-м.н.,
 член-корреспондент РАН.

Попов Олег Алексеевич³, профессор, д.т.н.

Смирнов Александр Дмитриевич⁴, г.н.с., д.т.н.

¹ Объединенный институт высоких температур РАН.
 Россия, 125412, Москва, ул. Ижорская, 13, стр. 2.

E-mail: vasilyak@ihed.ras.ru

² Московский физико-технический институт
 (национальный исследовательский университет).
 Россия, 141701, Московская обл., г. Долгопрудный,
 Институтский пер., 9.

³ Национальный исследовательский университет
 «МЭИ».

Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14.

⁴ ЭКЦ «НИИ ВОДГЕО».

Россия, 119435, Москва, Б. Саввинский пер., 9, стр. 1.

Статья поступила в редакцию 24 сентября 2020 г.

© Василяк Л. М., Кудрявцев Н. Н., Попов О. А.,
 Смирнов А. Д., 2020

травальном материале опасных микроорганизмов; г) снижение эффективности фильтрации тонкой фракции после нескольких месяцев работы.

Применение электростатически усиленной фильтрации, электретных фильтров и электростатического осаждения позволяет повысить эффективность и экономичность фильтрации при решении конкретных задач очистки и обеззараживания воздуха.

Отметим, что если различные методы фильтрования удаляют микроорганизмы из воздуха вместе с частицами пыли, то ультрафиолетовое бактерицидное облучение позволяет инактивировать микроорганизмы без удаления их из воздуха. При этом эффективность инактивации микроорганизмов определяется величиной УФ-дозы, которая не зависит от эффективности удаления частиц (пыли) из воздуха [2, 3].

Если задача обеззараживания воздуха в общей технологической цепи является приоритетной, то схема «фильтрация + УФ» позволяет существенно сократить стадии глубокой фильтрации, вплоть до F и H, оставив только фильтрацию больших частиц G. Это позволяет создавать высокопроизводительные системы обеззараживания воздуха по широкому спектру микроорганизмов, включая вирусы и простейшие, и получить существенную экономию в цене оборудования и эксплуатационных затратах, особенно в задачах очистки и обеззараживания воздуха в больших объемах для зданий и сооружений.

Комбинирование различных технологий и усовершенствование каждой из них в отдельности является общемировым трендом, но у нас, к сожалению, иногда поиск новых технологий и их комбинаций с традиционными методами носит спекулятивный характер.

Рассмотрим, что лежит в основе метода обеззараживания воздуха компании ООО «Тион Инжиниринг», которая предлагает системы Tion B и Tion Eco, основанные на следующей технологической схеме:

- префильтр (служит для задержания крупных частиц);
- электростатический блок (заряжает частицы, генерирует озон);
- объемный HEPA-фильтр H11-H13 (задерживает частицы, на нем озон обеззараживает удержанные микроорганизмы);

- адсорбционно-каталитический фильтр (удаляет оставшийся озон, осуществляет фильтрацию вредных веществ в газовой фазе и запахах).

Как мы видим, это классическая схема фильтрования (префильтр + HEPA), которая уже может обеспечить требуемый эффект обеззараживания. Связка «электростатический блок + адсорбционно-каталитический фильтр», продуцируя озон и, впоследствии, поглощая оставшийся не среагировавший озон, по факту служит для инактивации микроорганизмов, задержанных фильтром HEPA [4]. Но инактивация не означает очистку фильтра, ведь инактивированные микроорганизмы и частицы пыли (на которые озон не действует) остаются в объеме фильтра. Следовательно, ожидать увеличения срока службы HEPA фильтра (принимая во внимание соотношение количества пыли и микроорганизмов в воздухе) не приходится. Поэтому утверждение о снижении эксплуатационных затрат в 5–20 раз (!) по сравнению с традиционным фильтрованием, опубликованное на сайте производителя, не выдерживает критики.

Капитальные и эксплуатационные затраты из-за введения дополнительной схемы «электростатический блок + адсорбционно-каталитический фильтр» будут существенно превышать, например, классическую схему фильтрования с применением HEPA-фильтра с биоцидной пропиткой, который решает вышеназванную задачу обеззараживания задержанных микроорганизмов.

Примечательным также является утверждение, что «перепад давления на фильтрах Тион в разы ниже, чем на тканевых HEPA-фильтрах». Почему сравнивают именно с тканевыми HEPA-фильтрами, ведь большинство HEPA-фильтров как раз нетканые? Так что же это за фильтр в системах «ТИОН» и HEPA?

Важно заметить, что применение генератора озона в приборе очистки воздуха, работающем в присутствии человека, требует обязательного контроля концентрации озона в этом помещении [5, 6]. Производитель не оснащает свой прибор датчиком озона, поэтому обеспечение контроля его концентрации в помещении ложится на потребителя.

В последнее время в интернете достаточно агрессивно рекламируется еще один «самый эффективный» метод обеззаражива-

ния воздуха, предлагаемый компанией ООО «Аэролайф», с использованием фотокатализа на нанокристаллическом диоксиде титана [7].

Используемая технологическая схема, с точки зрения применения физических методов, следующая:

- Префильтр;
- Блок зарядки аэрозолей (электростатический блок);
- Барьерный электростатический НЕРА-фильтр;
- Фотокаталитический фильтр с УФ-А излучателями;
- Адсорбционно-каталитический фильтр.

Представленная схема во многом аналогична технологической схеме «Тион» с добавкой фотокаталитической ступени. С точки зрения обеззараживания воздуха технологическая схема является избыточной, так как все задачи по обеззараживанию решает НЕРА-фильтр класса Н14, к тому же усиленный электростатическим блоком. В данном случае непонятно зачем нужна связка фотокаталитического и адсорбционно-каталитического фильтров, расположенных после НЕРА-фильтра, которые очевидно усложняют систему. Надо отметить, что бум попыток применения фотокатализа, прежде всего для удаления примесей из воздуха и воды, приходился на 90-е годы прошлого века, но в настоящее время фотокатализ так и не нашел широкого применения в промышленных системах [8].

Рассмотрим еще один пример – системы обеззараживания воздуха «Поток» [9] с технологической схемой: префильтр, электростатический блок для зарядки частиц, электроды из высокопористых электропроводных пластин из пенометалла, которые также являются собирающими электродами, и размещенные между электродами диэлектрические пористые пластины, предназначенные для осаждения аэрозолей. На сайте производителя [9] в русскоязычной и в англоязычной версиях принципиально по-разному изложены физические основы предлагаемого метода обеззараживания воздуха. В английской версии указано, что метод основан на явлении электропорации – явлении, открытом Эберхардом Нойманом применительно к водной среде. Компания «Поток» заявляет, что она впервые в мире применила это явление (электропора-

цию) в воздухе. А в русскоязычной версии делается более осторожное заявление: «Ученые обнаружили сходство последствий воздействия на микроорганизмы технологии «Поток» с явлением электропорации мембран клеток в жидкой среде. Таким образом, воздействие технологии «Поток» на микроорганизмы в воздухе может быть образно названо электропорацией.» [9].

Известно, что для электропорации в воздухе необходимо создавать огромные напряженности электрического поля, которые превышают значения для электрического пробоя воздуха при атмосферном давлении. В отечественной литературе была обоснована принципиальная неэффективность использования эффекта электропорации в воздухе для его обеззараживания [8]. Может быть поэтому электропорация исчезла из русской версии сайта производителя, но продолжает указываться на сайтах дилеров [10, 11] как основной метод инактивации микроорганизмов.

На наш взгляд, система обеззараживания воздуха «Поток» фактически является разновидностью многоступенчатого электрофильтра, и все слова о новом механизме электропорации являются маркетинговым приемом.

Такое же мнение об этой технологии в части механизма обеззараживания вирусов в электрических полях представлено на сайте «Викизнание» [13].

Сейчас ряд компаний (Pozitron, Plazkat и др.) возвращаются к идеям полувековой давности об использовании озонирования для обеззараживания воздуха в помещениях общего назначения. Причем встречаются утверждения, что озон – это вполне безопасный газ, работа с которым не требует специальных мер предосторожности [13]. Это категорически не соответствует действительности. Озон – это ядовитый газ 1 класса опасности (для сравнения хлор – это газ всего лишь 2 класса опасности), поэтому он должен быть обязательно удален перед использованием помещения людьми. Соответствие концентрации озона в помещении безопасным уровням должно подтверждаться инструментальным контролем и регистрироваться. Кроме того для эффективного обеззараживания озоном требуется значительное время контакта, и при концентрациях на уровне ПДК в воздухе рабочей зоны

время обеззараживания составляет десятки часов [14]. Исходя из вышеуказанного, рассматривать озонирование как эффективный и удобный метод обеззараживания воздуха помещений, по-видимому, не приходится.

Заключение

Вышеназванные компании часто, рекламируя свои продукты, агрессивно отрицают классические методы и подходы, при этом используют их, прикрывая избыточными технологическими дополнениями.

К сожалению, в этих модных у нас штампах о «наукоемком тумане», «отсутствии аналогов в мире» и «инновационных технологиях», мы за последние 20 лет не замечаем очередную технологическую революцию в области задач обеззараживания воздуха, которая идет в индустриально развитых странах: на основе новых материалов и способах их производства разрабатываются и производятся высокоэффективные фильтровальные системы и системы УФ-обеззараживания; усовершенствована теоретическая основа и методы расчета для электростатических, третних и других фильтровальных систем.

Классические технологии развиваются на основе повышения нормативных требований, в том числе и к микробиологическому качеству воздуха по широкому спектру микроорганизмов (а у нас по-прежнему золотистый стафилококк является мерилем всему и вся).

На наш взгляд, совершенствование нормативной базы, скорейшая модернизация либо создание новых научно-исследовательских и испытательных мощностей в профильных институтах, возможность на их базе проведения качественной сертификации оборудования и материалов – единственный путь, который позволит уберечься от спекуляций и решать вышеназванные задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. United States Environmental Protection Agency. URL:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1002PZM.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006%20Thru%202010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTXT%5C00000006%5CP1002PZM.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=3&slide> (дата обращения: 07.09.2020).

2. Popov O. A., Starshinov P. V., Ilikeeva R. A., Irkhin I. V. // Plasma Res. Express. 2020. Vol. 2. № 3. P. 035002.

3. Ультрафиолетовые технологии в современном мире / под ред. Кармазинов Ф. В., Костюченко С. В., Кудрявцев Н. Н., Храменков С. В. – Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2012.

4. Официальный сайт компании ООО «Тион Инжиниринг». URL: https://pro.tion.ru/catalog_all/pritokinfo/ (дата обращения: 07.09.2020).

5. ГОСТ Р 51125-98 «Оборудование бытовое для кондиционирования и очистки воздуха. Требования безопасности и методы испытаний».

6. ГОСТ 31829-2012 «Оборудование озонаторное. Требования безопасности».

7. Официальный сайт компании ООО «Аэролайф». URL: <https://vozdyx.ru/page/tehnologiya-ochistki-vozduxa-aerolajf/> (дата обращения: 07.09.2020).

8. Васильяк Л. М. // Успехи прикладной физики. 2018. Т. 6. № 1. С. 5.

9. Официальный сайт научно-производственной фирмы «Поток Интер». URL: <https://potok.com> (дата обращения: 07.09.2020).

10. Официальный сайт компании Atrium Medical. URL: <http://atriumm.ru/product/avtonomnye-recirkulyacionnye-ustanovki-potok/> (дата обращения: 07.09.2020).

11. Официальный сайт компании ООО «Аргус-ЦС». URL: <http://argus-ds.ru/oborudovanie/sistema-obezzarazhivaniya-vozdukh/> (дата обращения: 07.09.2020).

12. Статья на сайте «Викизнание». URL: https://www.wikiznanie.ru/wikipedia/index.php/%D0%A3%D0%9E%D0%92_%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA_150-%D0%9C-01 (дата обращения: 07.09.2020).

13. Официальный сайт компании Plazkat. URL: <http://plazkat.ru/component/sppagebuilder/?view=page&id=158> (дата обращения: 07.09.2020).

14. Лунин В. В., Самойлович В. Г., Ткаченко С. Н., Ткаченко И. С. Теория и практика получения и применения озона. – М.: изд. Московского университета, 2016.

On some "ultra-modern" methods of air disinfection

L. M. Vasilyak¹, N. N. Kudryavtsev², O. A. Popov³, and A. D. Smirnov⁴

¹ Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences
Bld. 2, 13 Izhorskaya st., Moscow, 125412, Russia

² Moscow Institute of Physics and Technology
9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141701, Russia

³ National research university MPEI
14 Krasnokazarmennaya st., Moscow, 111250, Russia

⁴ NII VODGEO
9 B. Sawinskiy per., Moscow, 119435, Russia

Received September 24, 2020

A critical analysis of air disinfection technologies is presented using examples of equipment manufactured in Russia

Keywords: air, disinfection, filtration, UV radiation.

REFERENCES

1. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1002PZM.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006%20Thru%202010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTXT%5C00000006%5CP1002PZM.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=3&slide> (accessed Sept 09, 2020).
2. O. A. Popov, P. V. Starshinov, R. A. Ilikeeva, and I. V. Irkhin, *Plasma Res. Express* **2**, 035002 (2020).
3. *Ultraviolet Technologies in the Contemporary World*. Ed. by F. V. Karmazinov, S. V. Kostyuchenko, N. N. Kudryavtsev, and S. V. Khramenkov, (Dolgoprudny, Izd. Intellect, 2012) [in Russian].
4. Tion. URL: https://pro.tion.ru/catalog_all/pritokinfo/ (accessed Sept 09, 2020).
5. GOST R 51125-98 "Household equipment for air conditioning and cleaning. Safety requirements and test methods" [in Russian].
6. GOST 31829-2012 "Ozonator equipment. Safety requirement" [in Russian].
7. AirLife. URL: <https://vozdyx.ru/page/tehnologiya-ochistki-vozduxa-aerolajf/> (accessed Sept 09, 2020).
8. L. M. Vasilyak, *Usp. Prikl. Fiz.* **6** (1), 5 (2018).
9. Potok. URL: <https://potok.com> (accessed 07.09.2020).
10. Atrium Medical. URL: <http://atriumm.ru/product/avtonomnye-recirkulyacionnye-ustanovki-potok/> (accessed Sept 09, 2020).
11. Argus. URL: <http://argus-ds.ru/oborudovanie/sistema-obezzarazhivaniya-vozdukha/> (accessed Sept 09, 2020).
12. wikiznanie. URL: https://www.wikiznanie.ru/wikipedia/index.php/%D0%A3%D0%9E%D0%92_%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA_150-%D0%9C-01 (accessed 07.09.2020).
13. Plazkat. URL: <http://plazkat.ru/component/sppagebuilder/?view=page&id=158> (accessed Sept 09, 2020).
14. V. V. Lunin, V. G. Samoilovich, S. N. Tkachenko, and I. S. Tkachenko. *Theory and practice of obtaining and applying ozone*. (Moscow state University, Moscow, 2016) [in Russian].