

<https://doi.org/10.54500/2790-1203-2025-3-125-amj002>

Шолу мақала

Дезинфекцияның заманауи технологиялары: инновациялар, тиімділік және болашақ перспективалар

[Баспакова А.М.](#)¹, [Ташимова Ж.К.](#)², [Уразаева А.Б.](#)³,
[Түсупкалиева К.Ш.](#)⁴, [Кумар Г.Б.](#)⁵

Received: 26.02.2025

Accepted: 24.03.2025

Published: 30.06.2025

* **Corresponding author:**

Baspakova Akmaral,

E-mail: akmaralzkgmu@gmail.com

Citation: Astana Medical Journal,
2025, 125 (3), amj002

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0
International License



- ¹ Эпидемиология кафедрасының профессоры, Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті, Ақтөбе, Қазақстан
- ² Эпидемиология кафедрасының оқытушысы, Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті, Ақтөбе, Қазақстан
- ³ Эпидемиология кафедрасының доценті, Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті, Ақтөбе, Қазақстан
- ⁴ Эпидемиология кафедрасының доценті, Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті, Ақтөбе, Қазақстан
- ⁵ Эпидемиология кафедрасының оқытушысы, Марат Оспанов атындағы Батыс Қазақстан медицина университеті, Ақтөбе, Қазақстан

Түйіндеме

Дезинфекцияның заманауи технологиялары медицинада, тамақ өнеркәсібінде, телекоммуникация желілерінде және қауіпті жағдайында қауіпсіздікті қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Ультракүлгін сәулелену, озондау, наноматериалдарды пайдалану және биодезинфекция сияқты инновациялық әдістерді әзірлеу патогенді микроорганизмдерді жою тиімділігін айтарлықтай арттырады. Процестерді автоматтандыру және интеллектуалды жүйелерді енгізу адам факторын азайтуға және дезинфекцияның дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен бірге қауіпсіздік, қолданылатын құралдардың ұйымдылығын төмендету және біздің әзірлемелеріміз өзекті болып қала береді. Дезинфекциялық технологияларды дамыту үнемдеуді жүзеге асырумен қатар қауіпсіз және экологиялық таза әдістерді құру болып табылады; мұндай технологияларды біріктіру цифрлық жолмен жүзеге асырылуы тиіс. Болашақта дезинфекцияның автономды және жетілдірілген түрлері жоспарлануда.

Түйін сөздер: Заманауи дезинфекция технологиялары, ультракүлгін дезинфекция, озонмен өңдеу, микробқа қарсы наноматериалдар,

автоматтандырылған дезинфекция жүйелері, гигиена, қоғамдық денсаулық сақтау, зарарсыздандыру әдістері, дезинфекциядағы инновациялар, патогенді микроорганизмдермен күресу.

1. Кіріспе

Дезинфекция тиісті гигиенаны сақтаудың және инфекциялардың алдын алудың және денсаулық сақтау, тамақ өнеркәсібі, суды тазарту және көптеген өнеркәсіптік өндірушілер сияқты әртүрлі салаларда қоғамдық денсаулықты нығайтудың маңызды факторы болып табылады [1]. Жұқпалы аурулардың, микробқа қарсы тұрақтылықтың және қоздырғыштардың бүкіл әлемге таралуының өсіп келе жатқаны, дезинфекцияның тиімді, сенімді және жаңа технологияларына сұранысты арттырды. Олардың ішінде химиялық дезинфекциялау құралдары (мысалы, хлор негізіндегі ерітінділер, сутегі асқын тотығы және спирттер) және термиялық зарарсыздандыру ондаған жылдар бойы қолданылып келе жатқан ең көне әдістердің бірі болып табылады. Соған қарамастан, бұл стратегиялар уыттылық, материалдың нашарлауы, энергияның жоғары құны және төзімді микробтардың пайда болу қаупі сияқты көптеген кемшіліктермен байланысты екенін айта кету қажет [2].

Тұрақтылық пен тиімділікті арттыру үшін дезинфекцияның инновациялық технологиялары әзірленді. Ультракүлгін (UV-C) дезинфекциясы микроорганизмдердің көпшілігін олардың генетикалық материалына зақым келтіру арқылы инактивациялау қабілетіне байланысты кеңінен қабылданды [3]. Озонмен өңдеу зиянды қалдықтарды қалдырмай микробтармен күресу стратегиясы ретінде перспективалы әдіс болып табылады. Микробқа қарсы наноматериалдардың жаңа түрлері, негізінен күміс және мыс нанобөлшектері де патогендерді ұзақ мерзімді

мақсатты түрде жою үшін жасалған. Сонымен қатар, автоматтандырылған дезинфекциялық жүйелерді кеңінен енгізу робототехника мен жасанды интеллект (ЖИ) мүмкіндіктерін пайдаланады, бұл ауруханалар мен қоғамдық көлік сияқты көпшілік адам жиналатын жерлерде жүргізілетін дезинфекциялау процедураларының тиімділігін айтарлықтай арттырды [4].

Соңғы жетілдірілген зарарсыздандыру технологияларын қолданудың бірқатар артықшылықтары бар. Алайда, оларды өнеркәсіптік ауқымда үнемді әрі тиімді өндіру, сондай-ақ олардың адам денсаулығына әсері жөніндегі мәселелер әлі толық шешімін тапқан жоқ. Әсіресе, сезімтал ағзаларға (немесе организм жүйелеріне) ықтимал әсерлерін бағалау саласында айтарлықтай зерттеулер қажет. Әрбір технология белгілі бір жағдайларға бейімделіп жасалған. Олардың тиімділігі келесі факторларға байланысты: патогеннің түрі, тері мен беткі қабаттың физикалық-химиялық қасиеттері, қоршаған ортаның температурасы мен ылғалдылығы сияқты экологиялық жағдайлар, сондай-ақ технологияны қолдану тәсілі [5].

Осыған байланысты, біздің басты мақсаттарымыздың бірі – зарарсыздандыру технологияларын жан-жақты ғылыми тұрғыда сипаттап, оларды тиімді пайдалану арқылы ресурстарды ысырап етуден сақтау. Бұл технологиялар жөніндегі толық әрі нақты ақпараттың берілуі нақты қолдану саласына сәйкес келетін ең оңтайлы дезинфекция стратегияларын таңдауға мүмкіндік береді.

2. Зерттеу әдістері

Соңғы 5 жылда Web of Science, Scopus, PubMed және Google Scholar мәліметтер базасында

жарияланған басылымдар, зерттеулер және техникалық есептер пайдаланылды.

Барлық ақпарат дезинфекция технологиясының соңғы жетістіктеріне, соның ішінде соңғы әзірлемелерге және оларды іс жүзінде қолдануға баса назар аудара отырып таңдалды. Талдау үшін дезинфекция саласындағы өзекті зерттеулерге жүйелі шолу қолданылды. Деректерді салыстыру тиімділік дәрежесі, қолдану қауіпсіздігі және ықтимал экологиялық тәуекелдер сияқты

критерийлер бойынша жүргізілді. Ультракүлгін (UV-C) дезинфекциялау, плазмалық белсендірілген су (PAW), суық плазма мен металл нанобөлшектерді, сондай-ақ металл полимерлі жабындарды қолданатын аралас әдіс сияқты жаңа дезинфекциялық технологияларды қарастыратын зерттеулерді қамтыды.

3. Дәстүрлі дезинфекция әдістері: артықшылықтары мен кемшіліктері

Ұзақ уақыт бойы зарарсыздандыру денсаулық сақтау, қоғамдық денсаулық сақтау мен өнеркәсіптік өндірістерде адам денсаулығын қорғаудың негізгі құралдарының бірі болып келді. Дәстүрлі зарарсыздандыру әдістері - химиялық, механикалық және физикалық тәсілдер – микробтық ластануды азайтуда және жұқпалы аурулардың таралуының алдын алуда тиімді қызмет атқарды. Алайда бұл бұрыннан қолданылып келе жатқан әдістердің ұзақ уақыт бойы пайдаланылуы белгілі бір шектеулерді де тудыра бастады. Осыған байланысты, қазіргі таңда анағұрлым жетілдірілген әрі салыстырмалы түрде арзан балама технологияларға деген сұраныс артып отыр. Осы бөлімде біз негізгі дәстүрлі зарарсыздандыру әдістерін және олардың әрқайсысына тән кемшіліктерді талдаймыз [6].

Химиялық дезинфекциялау құралдары беткей заттарды сұйықтықтармен дезинфекциялау үшін жиі қолданылатын құралдардың қатарына жатады. Олар микроорганизмдердің жасушалық құрылымдарын ыдырату, ақуыздарды денатурациялау және метаболизм процестеріне кедергі жасау арқылы жұмыс істейді. Натрий гипохлорид және хлор диоксиді сияқты хлорланған дезинфекциялау құралдары патогендердің кең спектріне қарсы тиімді болуы мүмкін: олар бактерияларды, вирустарды немесе саңырауқұлақтарды оңай жоя алады. Суды тазарту және беткей заттарды дезинфекциялау үшін қолданылады, олар бүкіл әлемде кеңінен қолданылады. Алайда, трихлорметандар мен хлораминдер сияқты улы өнімдерді өндіру бұл химиялық заттардың өмірге және қоршаған ортаға

қауіп төндіретінін білдіреді. Сутегі асқын тотығы мен сірке қышқылы - бұл микробтарды тиімді және иіссіз өлтіретін күшті тотықтырғыш заттар [7]. Олардың денсаулық сақтау және тамақ өнеркәсібінде тиімділігі жоғары, мұқият өңдеуді қажет етеді және белгілі бір заттарды коррозияға ұшыратуы мүмкін. Спирттер, соның ішінде этанол мен изопропанол қолды залалсыздандыру мен беткей заттардағы микробтарды жою үшін кеңінен қолданылады. Олар ақуыздарды ыдыратады және липидті мембраналарды ерітіп, бактерияларға қарсы тез әрекет етеді. Төрттік аммоний қосылыстары (кваттар) көптеген ауруханаларда, тамақ өңдеу зауыттарында және үй шаруашылықтарында жабдықты тазалау және зарарсыздандыру үшін қолданылады. Бұл химиялық заттар патогендердің кең ауқымын жояды, бірақ микробтар уақыт өте келе оларға төзімділікті дамытып, олардың дезинфекциялау құралдары ретінде ұзақ мерзімді тиімділігін төмендетуі мүмкін [8]. Жылумен дезинфекциялау әдістері, мысалы, пастерлеу, бу арқылы стерилдеу және құрғақ ыстықпен стерилдеу, тәжірибеде кеңінен қолданылады. Қысыммен берілетін жоғары температуралы бу (көбінесе 121°C температурада 15-30 минут бойы) – су буының көмегімен барлық тіршілік формаларын, соның ішінде бактерия спораларын жоюға арналған тиімді автоклавтау әдісі болып табылады. Бұл тәсіл медициналық құралдар мен зертханалық жабдықтарды дезинфекциялаудың стандартты әдісіне айналды. Алайда, бұл әдіс арнайы жабдықты қажет етеді және жылуға төзімсіз материалдарға қолдануға келмейді. Қазіргі уақытта үлкен көлемдегі пастерлеу әдісі азық-түлік және

сусын өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Бұл әдіс сұйықтықтарды аралық температураға дейін қыздырудан тұрады - мысалы, 63°C температурада 30 минут немесе 72°C температурада 15 секунд ұстау. Бұл микробтардың санын азайтқанымен, тағамның дәмі мен түсін сақтап, оны жарты жылдан астам уақытқа дейін жарамды күйде ұстай алады. Пастерлеу тағам арқылы таралатын бактериялардың көбін жоя алады, дегенмен оның шектеулері де бар. Мысалы, бұл әдіс жылуға төзімді патогендерге қарсы тиімді емес, сондықтан ол тек белгілі бір түрдегі тағамдарға ғана жарамды. Құрғақ ыстықпен стерилдеу – атауы айтып тұрғандай, жоғары температураның әсерімен (әдетте 160–180°C, кем дегенде бір сағат бойы) барлық тірі ағзаларды жою әдісі. Бұл әдіс шыны бұйымдар мен металл құралдарды тиімді стерилдеуге жарамды [9].

Су дезинфекциялауда физикалық әдістерде кеңінен қолданылатын тиімді құрал болып табылады. Сүзгілер (фильтрлер) мен ультракүлгін сәулелер тірі ағзаларға әсер етіп, олардың тіршілік функцияларын бұзады. Ауаны тазарту және суды өңдеу үшін НЕРА сүзгілерін кеңінен қолдану қажет. Микроағзаларды ауадан және судан физикалық жолмен жоюға болады. Мысалы, сүзгі судан бактериялар мен қарапайым ағзаларды (протозоа) физикалық түрде алып тастайды, алайда оның шектеулері бар: кейбір вирустар мен өте ұсақ бөлшектер сүзгіден өтіп кетуі мүмкін. Сүзгілердің тиімділігін сақтау үшін, оларды тұрақты түрде күтіп-ұстау және ауыстырып отыру қажет. Жылу шығармайтын стерилдеу әдістері, мысалы, гамма-сәулелер мен ультракүлгін (УК) сәулелер, ауа мен суды, сондай-ақ осыған ұқсас орталарды дезинфекциялау үшін кеңінен қолданылады. Гамма-сәулелер микроағзаларды толығымен жоя алады, ал ультракүлгін сәулелердің UV-C диапазоны (100–280 нм), яғни орташа толқынды UV-C, тек микроағзаларды инактивациялап қана қоймай, ауаға, суға және қатты заттардың беттеріне әсер ете алады. UV-C сәулесі ДНҚ құрылымын зақымдау арқылы әсер етеді, бұл микроағзаларға өз салмағынан жүздеген есе артық энергиямен ықпал етеді. Алайда, патогендерге тікелей әсер етпесе, мысалы, органикалық заттардың болуына

байланысты немесе көлеңке әсерінен (сәуленің нысанға толық жетпеуі) UV-C сәулесінің тиімділігі төмендеуі мүмкін. Гамма-сәулелер мен UV-C сәулелерін қолдану үшін арнайы жабдық қажет, әрі бұл әдістердің тиімділігіне беткі қабаттың қолжетімділігі мен кедергі келтіретін заттардың болуы сияқты факторлар әсер етуі мүмкін [10].

Бұл мәселе талас тудыратын тұстарға толы. Химиялық дезинфекциялық заттардың адам денсаулығына қауіпті екені және олардың қоршаған ортаға әсері - еш дау тудырмайтын ақиқат. Сонымен қатар, оларды ұзақ уақыт қолдану нәтижесінде төзімді микроағзалар штаммдарының пайда болуы да алаңдаушылық туғызады. Жылумен дезинфекциялау шын мәнінде өте тиімді әдіс. Дегенмен, бұл тәсіл көп мөлшерде энергия тұтынады және жылуға сезімтал материалдарға жарамайды. Ал сүзу (фльтрация) мен UV-C сәулелендіру әдістері тұрақты техникалық қызмет көрсетуді талап етеді және көбінесе кейбір материалдар мен беткі қабаттарға терең ене алмауымен шектеледі. Бұдан бөлек, бұл әдістер ұзақ мерзімді қорғаныс қамтамасыз ете алмайды, яғни беткей заттарды қайталама ластануға ашық күйде қалдыруы мүмкін [11]. Микроағзалардан аластау қазіргі таңда көбіне дәстүрлі дезинфекциялау әдістері арқылы жүзеге асырылады. Алайда, қазіргі заманғы талаптар - өнімділік, экология және қоршаған ортаны қорғау - бұл классикалық әдістердің кемшіліктерін айқын көрсетіп отыр, әрі олармен шектеліп қалуға болмайтынын дәлелдейді. Осы себепті, болашақта техникалық тұрғыдан мүмкін болған жағдайда, жаңа технологияларға негізделген тәсілдер ізделіп, жаңа буын заманауи дезинфекциялық технологиялары яғни, қайта жаңғырту технологиясы (revitalization technology) дамиды деп күтілуде. Мұндай технологиялар ертеңгі дезинфекция мәдениетін қалыптастырып, патогенді микроағзалармен күрестегі бәсекелестік артықшылықты айтарлықтай арттыра алады, бұл бұрын-соңды болмаған деңгейге жетуі мүмкін - және дәл осындай жаңашылдықты адамзат болашақтан күтеді [12].

4. Заманауи дезинфекциялаудың технологиялары

Ескі әдістермен салыстырғанда, заманауи дезинфекциялау технологиялары - айтарлықтай жетістікке ие. Олардың тиімділігі жоғары, қоршаған ортаға теріс әсері аз, әрі тұрақты даму қағидаларына сай келеді. Бұл сияқты инновациялар, вирустарды толық жоймаса да, оларды қалпына келу мүмкіндігінен айырып, нәтижесінде "қалпына келу сәтсіздігі" (failure to recover) деп аталатын биологиялық күйге ұшырату арқылы зиянсыздандырады. Мұндай тәсілдер ескі әдістерге тән шектеулерді өтеуге мүмкіндік береді. Бұл технологиялар қазіргі таңда төзімділігі арта бастаған патогендерге қарсы, сондай-ақ барлық салаларда гигиена мен қауіпсіздік талаптарына сай келетін жаңа тиімді тәсілдерді ұсынады. Патогендерге төзімділік пен санитарлық-эпидемиологиялық талаптардың күшеюі - инфекциямен күрестің жаңа дәуіріне тән құбылыстардың тек бір бөлігі ғана. Қазіргі уақытта, ғасырдың соңына қарай, біз мынадай аталған дезинфекциялау әдістерін: UV-C-мен өңдеу, озонсыз жолмен суды залалсыздандыру, антибактериалды наноматериалдар қолдануда. Жаңа технологиялармен қатар, дезинфекция процесіне арналған жаңартылған шешімдер де пайда болуда, мысалы, линолеум жолағын автоматты түрде залалсыздандыру немесе тұтас бір ғимараттың кәріз жүйесін дезинфекциялау - мұның барлығы отыз жыл бұрын елестетуге де келмейтін мүмкіндіктер [13]. UV-C сәулелендіру, яғни ультракүлгін сәуле, қазіргі таңда ең перспективалы дезинфекциялау әдістерінің бірі болып саналады. Бұл технология беткей заттарды немесе ауа ағындарында болатын бактериялар, вирустар және зеңдер сияқты микроағзаларды жоя алады. UV-C сәулелері микроағзалардың ДНҚ немесе РНҚ құрылымын бұзып, олардың көбею қабілетін жояды. Осы механизмнің арқасында бұл әдіс ауа, су және беттерді зарарсыздандыруда, әсіресе

медициналық мекемелер мен қоғамдық тамақтану саласында өте тиімді. Алайда, UV-C сәулелендіру жоғары тиімділігіне қарамастан, сәуле патогенмен тікелей жанасуы керек және арнайы жабдық пен қауіпсіздік шараларын қажет етеді. Тікелей сәуле көзінің адам терісіне немесе көзіне түсуі қауіпті, себебі бұл сәулелер зиян келтіруі мүмкін. Хлор суда гипохлорид ионына немесе гипохлорлы қышқылға айналады, бұл процесс судың рН деңгейіне байланысты. Ал хлор диоксиді (ClO_2) – белгілі патогендердің басым бөлігін тіршілік жүйелеріне шабуыл жасау арқылы оларды жылдам жоя алады.

Озонмен тазартылған суды ішу қауіпсіз болғандықтан, бұл әдіс, әсіресе ластанған ауыз су себеп болған жағдайларда, ішек-қарын ауруларынан зардап шегетін адамдар үшін өте тиімді. Калий перманганаты сияқты, хлор да ауыр металдарды суда тотықтырып, ерімейтін күйге айналдырып, оларды тұнбаға түсіреді. Бұл процестің нәтижесінде қорғасын мен мыс секілді зиянды қоспалардан тазартқан таза су алынады. Хлормен дезинфекциялау - су тазартудың арзандау әрі қарапайым тәсілі. Осы себепті шағын және орта сумен қамту жүйелерінің көбісі әлі күнге дейін осы әдісті қолданады.

Озонмен өңдеу – қазіргі кезде кең қолданысқа ие бола бастаған жаңа технология. Ол тотықтырғыш және микробтарға қарсы қасиеттерге ие және өнімдерді зарарсыздандыруда ауа шикізаты ретінде қолданылады (уақыт жағынан дәстүрлі ірі стерилизаторлармен тең нәтиже береді). Бұл әдіс азық-түлік өңдеу саласында да қолданыла бастады.

Дәстүрлі стерилизация әдістерімен қатар, ЖИ арқылы басқарылатын қондырғылар мен роботтандырылған құрылғылар сияқты автоматтандырылған дезинфекция жүйелерінің жылдам дамуы - жұқпалы ауруларға қарсы күресте

маңызды ілгерілеу болып табылады. Мұндай жүйелер дезинфекциялау үдерісін өздігінен атқара алады, сондықтан еңбек ресурстарын үнемдеп, медицина мекемелерінде, көлік инфрақұрылымында (мысалы, көпшілік адам жиналатын теміржол және автовокзалдарда), сондай-ақ қоғамдық денсаулық сақтау саласында жүктемесі жоғары кез келген нысанда қолдануға өте тиімді. Адам қателігін барынша азайтып, жұмыс өнімділігін арттырады. Мысалы: UV-C шамдармен жабдықталған роботтар дезинфекцияны адам қатысуынсыз жүргізе алады. ЖИ жүйелері қоршаған ортаның әртүрлі жағдайларына бейімделіп, дезинфекция параметрлерін бірден өзгерте алады. Бұл технологиялар дезинфекция сапасын арттырып, ластану қаупін төмендетуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, суық плазмаға (cold plasma) негізделген әдістер де дезинфекцияда болашағы зор шешім ретінде қарастырылуда. Бұл тәсілде микроағзалар төмен температуралы иондалған плазмаға ұшырайды. Бұл плазма: бактериялар мен микроағзалардың жасуша қабырғаларын бұзады; ішкі ферменттік реакцияларды тежейді, осылайша оларды жояды. Суық плазма - медицина құралдарын және азық-түлікті зарарсыздандыруда қолданылады. Бұл әдістің артықшылығы - адам денсаулығына зиян келтіретін химиялық заттарды қолдануды қажет етпейді, сондықтан жұмсақ, сезімтал жағдайларда қолдануға өте қолайлы.

5. Дезинфекция технологияларының салыстырмалы талдауы

Дезинфекциялау технологиялары саласы соңғы жылдары елеулі өзгерістерге ұшырады, бүгінде бұл әдістер денсаулық сақтау, өнеркәсіп және тұрмыстық қолдану сияқты түрлі салаларда кеңінен қолданылуда. Медициналық өңдеу, жылумен стерилизациялау және физикалық әдістер сияқты дәстүрлі дезинфекция тәсілдері әлі де жиі қолданылғанымен, озон мен UV-C сәулелендіруді біріктіретін заманауи әдістер, микробқа қарсы заттар мен құрылғылар өздерінің тиімділігі, жаңартылуы және үнемділігімен үлкен қызығушылық тудырып отыр [15]. Химиялық дезинфекциялау құралдары -

Электростатикалық бүрку және тұмандату технологиясы: кең аумақтар мен нысандарды дезинфекциялаудың тағы бір өте тиімді тәсілі - электростатикалық бүріккіштер мен тұмандатқыш технологиялар. Бұл әдісте дезинфекциялық ерітінді ауа арқылы ұсақ бөлшектер түрінде шашылады; бүріккіштер жағдайында бұл бөлшектер оң зарядталып, беткейлерге тартылады. Нәтижесінде біркелкі таралады және қол жетпейтін бұрыштарға да жетеді, бұл сұйық ерітіндімен өңдеуге қарағанда тиімдірек. Осылайша, бұл технологиялар дәстүрлі әдістермен салыстырғанда әлдеқайда өнімді әрі тиімді. Заманауи дезинфекция технологиялары барлық артықшылықтарына қарамастан, белгілі бір қиындықтарды да қатар алып келеді. Ең алдымен, олардың өте қымбат болуы бұл технологиялардың қоғамның кейбір салаларында кеңінен қолданылуына шектеу қояда. Сонымен қатар, көптеген заманауи жүйелер арнайы жабдықтар мен жоғары білікті мамандарды талап етеді. Дегенмен, бұл технологиялардың инфекцияны бақылау мен гигиенаны сақтау саласына енгізілуі - денсаулық сақтау мекемелерінен бастап, тұрмыстық орта мен қоғамдық кеңістіктерге дейінгі әртүрлі салаларда тиімділіктің едәуір артуына алып келді. Алдағы уақытта, бұл технологиялардың әрі қарай дамуы нәтижесінде, сенімді әрі үнемді жаңа буын дезинфекция құралдары пайда болатыны сөзсіз [14].

антисептикалық әсері кең, қолданысы жеңіл болғандықтан әлі де кеңінен қолданылады. Хлор, сутегі асқын тотығы (пероксид), спирттер сияқты химиялық агенттер қол жетімді әрі көптеген патогендерді жоюда тиімді. Алайда, олармен байланысты бірқатар маңызды кемшіліктер де бар. Химиялық дезинфектанттардың көбі коррозиялық әсерге ие, яғни материалдарды зақымдауы мүмкін; токсикалық немесе экологиялық жағынан зиянды; уақыт өте келе микроағзалар бұл заттарға төзімділік (резистенттілік) қалыптастыруы мүмкін; кейбір беткей заттар мен материалдарға қолдануға

жарамсыз; химиялық қалдықтары адам денсаулығына зиян келтіруі ықтимал. Осы шектеулерге қарамастан, ыңғайлылығы мен дәлелденген тиімділігіне байланысты химиялық дезинфекциялағыштар көптеген салаларда әлі де негізгі құрал ретінде пайдаланылып келеді [16].

Термиялық дезинфекциямен салыстырмалы талдау, автоклавтау және пастерлеу сияқты термиялық дезинфекция әдістері медициналық жабдықтарды стерилизациялау мен қан өнімдерін тазарту үшін өте тиімді. Жылуға негізделген тәсілдер - әсіресе бактериялық споралар сияқты төзімді микроағзаларды жоюда сенімді әдіс болып табылады. Алайда, бұл әдістердің бірқатар шектеулері бар; жоғары температураны ұзақ уақыт бойы сақтау қажеттілігі, арнайы жабдықтар мен жоғары энергия шығынын талап етуі, кейбір материалдардың жылуға төзімсіздігіне байланысты қолдану аясының шектелуі. Сонымен қатар, энергияны көп тұтынатын термиялық дезинфекция қоршаған ортаға теріс әсерін тигізіп, тұрақты (sustainable) шешім ретінде қарастыруға әрдайым келе бермейді, әсіресе энергия тиімділігі жоғары болуға тиіс өндіріс салаларында. UV-C сәулелендіру (UV-C сәуленің қысқа толқынды түрі) жылу немесе химиялық заттарды қолданбай-ақ микроағзаларды жоюда өте тиімді әдіс саналады. Сондықтан, бұл технология ауруханаларда, мектептерде және басқа да қоғамдық орындарда кеңінен қолдануға қолайлы. Дегенмен, UV-C дезинфекциясының да белгілі бір шектеулері бар, ол тек патогендерге сәуле тікелей түсетін жағдайда ғана тиімді. Органикалық қалдықтар немесе көлеңке түсіп тұрған жерлер бұл әдістің тиімділігін едәуір төмендетуі мүмкін. Ал фильтрация үлкен бөлшектер мен бактерияларды жақсы сүзіп шығара алғанымен, ол микроағзаларды өлтірмейді, ұсақ вирустар сияқты микроорганизмдердің өтіп кетуі мүмкіндігі жоғары. Сондықтан фильтрациялық жүйелер үнемі техникалық қызмет көрсетуді талап етеді, сүзгілерді жиі ауыстырып отыру қажет, әйтпесе олардың тиімділігі төмендейді. Озонмен дезинфекциялау немесе микробқа қарсы наноматериалдар сияқты жаңа технологиялар арқылы нақтырақ бағытталған және экологиялық тұрғыдан тиімді шешімдер табуға

болады. Озон - су, ауа және әртүрлі беткей заттарды ешқандай зиянды химиялық қалдықсыз дезинфекциялауға қабілетті күшті тотықтырғыш. Озон осы тұрғыда жақсы мысал бола алады. Алайда, озон белгілі бір концентрациядан асқанда улы болады, сондықтан оны қолдануда адам қауіпсіздігіне қатысты шаралар қажет. Ал микробқа қарсы наноматериалдар беткей заттарда микроорганизмдердің өсуін тежеп, ұзақ мерзімді қорғаныс қамтамасыз етеді. Бұл материалдар, әсіресе: үнемі дезинфекция талап етілетін ортада, мысалы медициналық жабдықтарда, сондай-ақ тұрмыстық тоқыма бұйымдарында және азық-түлік қаптамаларында жиі қолданылады. Дегенмен, бұл наноматериалдар өз тиімділігін көрсете бастағанымен, олардың токсикологиялық қасиеттері мен қоршаған ортаға әсері толық зерттеліп болмаған. Бұл бағыттағы зерттеулер әлі де жалғасуды қажет етеді [17]. Робототехника мен ЖИ бүгінде дезинфекциялау жүйелері ретінде қолданылып келеді. Бұл жүйелерге адам араласуы қажет емес, себебі олар ЖИ пен сенсорлар арқылы автоматтандырылған түрде жұмыс істей алады. Мұндай технологияларды қолдану әсіресе: ауқымды кеңістіктерде, көпшілік жиі жиналатын жерлерде, қолмен дезинфекция жүргізу қиын немесе мүмкін емес орындарда өте қолайлы. Мысалы, UV-C шамдармен жабдықталған роботтар бөлмені адам көмегінсіз тез әрі толық дезинфекциялай алады [18]. Автоматтандыру дезинфекция үдерісінің тиімділігін арттырып, еңбек шығындарын азайтса да, мұндай жабдықтарды аурухана секілді мекемелерде пайдалану өте қымбатқа түсуі мүмкін. Сонымен қатар, бұл жүйелердің оңтайлы жұмыс істеуі үшін оларды үнемі техникалық қызметтен өткізіп, калибрлеу қажет. Әрбір дезинфекциялау технологиясының өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар, сондықтан нақты жағдайдың талаптарына сай келетін әдісті таңдау өте маңызды. Химиялық дезинфекция құралдары қоршаған орта мен адам денсаулығына зиян келтіруі мүмкін болса да, жылу мен физикалық әдістер өз тиімділігін көрсетіп келеді. Алайда, олардың энергия шығыны жоғары. Ал озонмен өңдеу, UV-C сәулелендіру,

микробқа қарсы наноматериалдар және басқа да жоғары технологиялық әдістерді қолдану үшін арнайы жабдықтар мен кәсіби дағдылар қажет. Болашақ зерттеулердің бағыты – стерилизацияны автоматтандырылған жүйелер арқылы жүргізу. Бұл әдістердің басты артықшылықтары - жоғары дәлдік пен күрделі аймақтарда тиімді жұмыс істеу қабілеті.

6. Іске асырудағы қиындықтар мен кедергілер

Алайда заманауи дезинфекциялау әдістерін толық әрі қауіпсіз түрде қолдану барысында бірқатар қиындықтар мен шектеулер туындайды. Бұл технологиялардың тиімділігі жоғары болғанымен, оларды қоғамдық денсаулық сақтау жүйесінде кеңінен әрі жедел түрде енгізу үшін әлі де бірқатар ғылыми, техникалық және практикалық мәселелерді шешу қажет. Бүгінде кеңінен қолданылып жүрген дәстүрлі дезинфекциялау тәсілдері - мысалы, химиялық ерітінділер, спирттік құралдар және жылумен өңдеу әдістері - көп жылдық тәжірибеден өткен. Алайда бұл әдістердің де өзіндік кемшіліктері бар. Мысалы: дезинфекциялаушы заттардың талаптарға сай емес немесе артық мөлшерде қолданылуы салдарынан беткі материалдар зақымдануына әкеліп соқтырады. Сонымен қатар микроорганизмдердің тұрақты (резистентті) түрлері пайда болуы ықтимал, бұл емдеу немесе залалсыздандыру үдерісінің тиімділігін төмендетеді. Осыған байланысты, қазіргі заманғы әдістерді енгізу кезінде қауіпсіздік, тиімділік және тұрақтылық талаптарын ескере отырып, ыңғайлы шешімдер мен үйлестірілген тәсілдерді қолдану қажет [19]. Қазіргі заманғы дезинфекциялау технологиялары жоғары тиімділікке ие болғанымен, оларды кең көлемде қолдануға кедергі болатын бірқатар мәселелер бар. Ең алдымен, біз жаңа технологиялардың тек қауіпсіздігін ғана бағалап, олардың ұзақ мерзімді әсерін ескермеуіміз мүмкін, бұл өз кезегінде байқалмайтын қауіптерге әкелуі ықтимал. Дәстүрлі дезинфекциялау тәсілдері көбінесе шектеулі аумақта ғана әсер ете алады, сондықтан олар барлық жағдайға қолайлы емес. Заманауи технологиялар - мысалы, UV-C, озонмен

Алайда, заманауи және дәстүрлі дезинфекциялау әдістерін ұштастыру арқылы ғана әртүрлі жағдайларда туындайтын гигиена, қауіпсіздік және тиімділік мәселелеріне жан-жақты шешім табуға болады.

өңдеу, антимикробты наноқабаттар және роботтандырылған жүйелер - әлдеқайда тиімді, ауқымдырақ және қауіпсіздеу. Алайда оларды енгізу үшін қомақты қаржы, арнайы құрал-жабдық және мамандандырылған қызметкерлер қажет. Бұл талаптар әсіресе шағын кәсіпорындар мен қаражаты шектеулі денсаулық сақтау мекемелері үшін үлкен қиындық тудырады. Тағы бір өзекті мәселе - тек қана дәстүрлі әдістерді қолданатын мекемелер мен мамандардың жаңа технологияларға сенімсіздікпен қарауы. Бұл жаңа жүйелерді енгізуді кешеуілдетіп, қосымша оқытуды және жұмыс тәртібін қайта қарауды талап етеді. Сондай-ақ, әр мемлекетте заңнамалық және сертификаттау талаптарының әртүрлілігі - жаңа дезинфекциялық өнімдер мен технологиялардың нарыққа шығуына тосқауыл болатын маңызды факторлардың бірі. Осы себептен көптеген жаңа шешімдер әлі де кең тарала алмай отыр. Басты мәселелердің бірі – қауіпсіздікке байланысты түйткілдердің әлі толық шешілмегені. Жоғары жиіліктерде тиімді жұмыс істейтін жаңа технологиялар қолданылғанымен, сәулелену деңгейін қатаң бақылап, ұзақ уақыт бойы сәуле түсуіне жол бермеу қажет. Сонымен қатар, әсіресе ауруханалар сияқты ортада жаңа технологияны пайдаланудың қоршаған ортаға және адам денсаулығына ұзақ мерзімді әсерін толық түсіну үшін әлі де қосымша зерттеулер қажет.

Күміс немесе мыс негізіндегі антимикробты наноқабаттар сияқты технологиялар кеңінен қолданысқа енуі үшін осы зерттеулер маңызды рөл атқарады. Келесі үлкен мәселе – жаңа технологияларды бар инфрақұрылымға бейімдеу. Дәстүрлі әдістермен салыстырғанда көптеген

артықшылықтары болғанымен, бұл инновациялық шешімдердің кең таралуы уақытты қажет етеді.

Оған қол жеткізу үшін кедергілерді тереңірек зерттеу, құқықтық жүйелерді жетілдіру, қоғамды ақпараттандыру шаралары мен жаңа

технологиялардың құнын төмендетуге бағытталған жобалар қажет.

Тек сонда ғана қазіргі заманғы дезинфекциялау технологиялары барлық салаға қолайлы бола алады.

7. Мүмкіндіктер мен болашақ бағыттары

Қолданылу ауқымы кеңейіп келе жатқан дезинфекциялау технологиялары үшін әр елдегі нормативтік талаптар мен сертификаттау рәсімдері әртүрлі. Дәстүрлі химиялық дезинфекция әдістері бұрыннан жақсы жолға қойылған болса, заманауи технологиялар көбіне күрделі және ұзаққа созылатын реттеу процесінен өтуге мәжбүр. Мысалы, UV-C –мен дезинфекциялау жүйелері адам ағзасына әсеріне қатысты қауіпсіздік талаптарын сақтау керек. Ал антибактериялық наноқаптамааларға лицензия алу үшін оларды қоршаған ортаға әсері тұрғысынан бағалау қажет – бұл күтпеген зиян келтірмеу үшін маңызды. Осы ұзақ әрі күрделі сертификаттау процесі көптеген компанияларды жаңа дезинфекциялау шешімдерін әзірлеуден немесе оларды енгізуден бас тартуға итермелейді. Заманауи дезинфекциялау технологиялары тиімді әрі жаңашыл болғанымен, олар қауіптілік тәуекелдерін туындатады, сондықтан оларды мұқият бақылау қажет. Мысалы, ультракүлгін сәулелену микроағзаларға қарсы өте белсенді болғанымен, дұрыс пайдаланылмаған жағдайда тері күйіктерін немесе көздің қасаң қабығының зақымдануын тудыруы мүмкін. Сол сияқты, озонмен дезинфекциялау кезінде газды терең жұтқан адамдарда тыныс алу жолдарының тітіркенуі немесе басқа да зиянды әсерлер туындауы ықтимал, әсіресе озон концентрациясы рұқсат етілген деңгейден асып кеткен жағдайда. Сонымен қатар, антибактериялық наноқаптамаалардың, әсіресе құрамында күміс, титан диоксиді немесе мыс бар түрлерінің ұзақ мерзімді әсерлері толық зерттелуі қажет. Осының барлығы қауіпсіздік шараларын күшейтуді талап етеді.

Қазіргі заманғы дезинфекциялау технологияларының күрделілігі мен қауіп төндіру деңгейінің жоғары болуына байланысты, оларды

тәжірибеге енгізу барысында міндетті түрде қатаң қауіпсіздік шаралары мен жан-жақты тәуекелдерді бағалау жүргізілуі тиіс.

Алайда, бұл үдеріс бірқатар қиындықтарға тап болады. Көптеген кәсіпорындар мен денсаулық сақтау мекемелері дәстүрлі дезинфекциялау әдістерін ұзақ уақыт бойы қолданып келгендіктен, жаңа технологияларға бейімделуде айтарлықтай тосқауылдар туындайды. Мұндай ұйымдар үшін жаңашыл әдістерді енгізу - тек технологиялық емес, сонымен қатар ұйымдастырушылық өзгерістерді талап ететін күрделі процесс [21].

Көптеген ғимараттарда дәстүрлі дезинфекция жүйелері бұрыннан орнатылған, сондықтан оларды жаңа технологиялармен ауыстыру немесе жаңарту қосымша уақытты, күш-жігерді және техникалық білімді қажет етеді. Ауруханалар мен ірі коммерциялық нысандар заманауи ауа тазарту жүйелерін - мысалы, плазмалық сүзгілеу немесе UV-C арқылы тазарту- енгізу үшін желдету жүйелерін жаңартуы тиіс. Ал роботтандырылған дезинфекция құралдарын медицина мен тұрмыстық ортада қолдану тазалау тәсілдері мен жұмыс тәртібін де өзгерту қажеттігін білдіреді. Сонымен қатар, бұл жүйелерді қолданыстағы инфрақұрылымға бейімдеу де оңай емес, бұл қосымша сынақтар мен шығындарды талап етеді. Қазіргі заманғы дезинфекциялық технологиялар кең ауқымды антимикробтық әсерге ие болғанымен, кейбір жаңа пайда болған патогендер бұл әсерге төзімділік танытуы немесе бірнеше дезинфекциялаушы құралдарды біріктіріп қолдануды қажет етуі мүмкін. Мәселен, кейбір бактерия споралары мен биоқабыршақтар ультракүлгін сәулеге де, химиялық дезинфекциялаушыларға да төзімді болып келеді, сондықтан оларды жою үшін біріктірілген әдістерді

қолдану қажет. Микроағзалар тарапынан туындайтын қауіптер үздіксіз өзгеріп отырғандықтан, біз де бұл үдерістерге бейімделіп отыруымыз керек. Осы себепті, жаңа технологиялар енгізілген жағдайда, олардың тиімділігін ұзақ уақыт бойы қамтамасыз ете алатындай етіп өндірілуі аса маңызды [22]. Қазіргі заманғы стерилизация әдістері дәстүрлі химиялық дезинфекциялық заттарға қарағанда экологиялық тұрғыдан қауіпсіз болуды көздегенімен, кейбір әдістер қоршаған ортаға кері әсер ету қаупін әлі де сақтап отыр. Мысалы, озон - күшті тотықтырғыш ретінде - белгілі бір шектен асып кетсе, әсіресе тұрғын үйлер сияқты жабық кеңістіктерде, адам денсаулығына зиян келтіретін ауаның ластануына себеп болуы мүмкін. Осыған ұқсас жағдай нанотехнологиялық жабындарды микробқа қарсы мақсатта жиі қолдану барысында да байқалады - бұл тәжірибе кең таралып үлгергенімен, оның ұзақ мерзімді экологиялық және биологиялық әсерлері толық зерттелмеген. Осы жайттарға сұрақ қоятын болсақ: біз осы жағдайдан қалай әрі қарай дами аламыз деген сұрақтың жалғыз тиімді жауабы - тұрақты даму қағидаларын басшылыққа ала отырып, қазіргі ғылым мен технологияны экологиялық тұрғыдан ұтымды жолмен дамыту. Осыған байланысты, жаңа технологияларды әрі олардың жекелеген қолдану салаларын тереңірек зерттеу - оларды әрі адамға, әрі табиғатқа қауіпсіз ету

жолындағы негізгі қадам болып табылады. Ластанумен күрес тәсілдерін өзгертуге қабілетті заманауи технологиялардың әлеуеті зор болғанымен, олар әлі күнге дейін кеңінен қолданысқа ене қойған жоқ. Қазіргі таңда бұл технологиялар тек қонақ үйлер мен ауруханалар сияқты жекелеген салаларда ғана шектеулі түрде пайдаланылуда. Бұл озық шешімдердің баяу енгізілуінің негізгі себептеріне - жоғары құны, әкімшілік рәсімдердің күрделілігі, қауіпсіздікке қатысты алаңдаушылықтар, ескі жұмыс тәсілдерінің жаңа технологиялармен үйлеспеуі және құрылғылардың техникалық қиындықтары жатады. Аталған кедергілерді тиімді еңсеру үшін бірнеше бағытта жұмыс жүргізу қажет: зерттеу мен тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға қаржыландыруды арттыру, реттеуші рәсімдерді оңтайландыру, қауіпсіздік шараларын күшейту және жаңа технологиялар туралы ақпараттандыруды арттыруға бағытталған бағдарламалар әзірлеу. Бұл мәселелер кезең-кезеңімен шешілген сайын, заманауи дезинфекциялық технологиялар қоғамдық денсаулықты нығайту мен қорғауға, еңбек жағдайларын жақсартуға, сондай-ақ шектеулі ресурстарды барынша тиімді пайдалану арқылы өндірістік үдерістерді артық шығынсыз және қоршаған ортаға барынша аз зиян келтіре отырып жүзеге асыруға елеулі үлес қоса алады.

3. Талқылау

Әртүрлі салаларда санитарлық-эпидемиологиялық талаптарды сақтауды қамтамасыз ететін жүйелер аурулардың алдын алу және қоғамдық денсаулықты қорғау үшін аса қажет. Мұндай салаларға денсаулық сақтау, азық-түлік өндірісі, көлік және адамдар өмір сүретін немесе жұмыс істейтін орындар жатады. Соңғы он жыл ішінде дезинфекциялау технологияларындағы жаңашылдықтармен қатар айтарлықтай ілгерілеушіліктер орын алды. Бұл өзгерістер дәстүрлі химиялық дезинфекциялау әдістерінен кем түспейтін, бірақ экологиялық тұрғыдан анағұрлым қауіпсіз әрі тиімді инновациялық тәсілдерді қамтиды. Заманауи дезинфекциялық технологиялар уытты химиялық

заттардың қолданылуын азайта отырып, тиімділікті арттыруды және адаммен тікелей байланысты барынша қысқарту мақсатында процестерді автоматтандыруды көздейді. Алайда бұл технологиялардың көптеген артықшылықтарына қарамастан, оларды енгізудегі қиындықтар, жоғары шығындар және қандай да бір шешімнің ұзақмерзімді тиімділігі секілді мәселелер өзекті болып отыр. Стерилизациялаудың неғұрлым тиімді әрі орнықты әдістеріне деген сұраныс соңғы жылдары жаңа технологиялардың пайда болуына себеп болды.

UV дезинфекциясы - UV-C сәулесі бактерияларды жоюда өте тиімді. Ол олардың ДНҚ

немесе РНҚ деңгейінде әсер етіп, толығымен жояды. Бұл әдіс ауруханаларда, қоғамдық орындарда және ауа тазарту құрылғыларында кеңінен қолданылады, себебі контактісіз әдіс ретінде қалдық қалдырмай-ақ қауіптен шығуға мүмкіндік береді.

Озон және сутегі пероксиді булары - дезинфекцияланатын зат жабық бөлмеде болған жағдайда, жоғары деңгейде зарарсыздандырылады (Сурет 1). Сонымен қатар, газ қиын жетілетін ішкі аймақтарға терең еніп, тиімді жұмыс істейді, алайда оның концентрациясын қатаң бақылау - міндетті талап болып табылады. Антимикробтық нанобояулар - күміс, мыс және титанды диоксид бөлшектерімен өңделген беттік жабындар ұзақ мерзімді әсерге ие болып, жиі немесе үнемі дезинфекциялаудың қажеттілігін азайтады. Бұл жабындар емдеу мекемелері мен ауруханалар сияқты жоғары байланысқа ие қоғамдық орындарда қауіпсіздік деңгейін төмендетпей, басқа алдын алу шараларын алмастыра алатын маңызды құрал болып табылады.

Плазма негізіндегі дезинфекция - бұл әдіс микробтық құрылымдарды жою үшін плазма технологиясын қолданады. Ионизацияланған газдарды пайдалана отырып, химиялық заттарды қолданбайтын, тиімді және антисептикалық әсері бар әдіс болып табылады, әсіресе медициналық құрал-жабдықтарды зарарсыздандыру және ауаны тазарту үшін қолданылады. Электростатикалық бүріккіштер, ЖИ-пен басқарылатын роботтар интернет жүйелеріне қосылған сенсорлар сияқты соңғы буын жүйелері гигиеналық ұйымдарға персоналдар қатысуынсыз, дезинфекциялау мен патогендері тиімді түрде жоюға мүмкіндік береді. Соңғы медициналық жетістіктер болашаққа қарай қарқынды даму кезеңінде болып, жоғары тиімділік, экологиялық тұрақтылық және әртүрлі жағдайларға бейімделу мүмкіндігін ұсынады. Қазіргі заманғы дезинфекция технологияларының тиімділігі мен өнімділігі дәстүрлі дезинфекция әдістерімен салыстырғанда, қазіргі заманғы дезинфекция технологиялары жылдамдық пен тиімділік тұрғысынан бірқатар артықшылықтарға ие. Дәстүрлі

химиялық дезинфектанттар көбінесе қолмен қолдануды, ұзақ, жиі қолдануды талап етсе, заманауи шешімдер автоматтандыру арқылы үздіксіз қорғаныс қабілетін қамтамасыз етіп, микробтарды жою тиімділігін бінеше есеге арттырады. Мысалы, UV-C дезинфекция микробтарды жоюды бірнеше секундтан бірнеше минутқа дейінгі уақытта жүзеге асырады және химиялық қалдық қалдырмайды. Бұл әдіс ауа тазарту және стерильдеу үшін ерекше тиімді болып табылады. Сол сияқты, наножабындар беттердің антимикробтық қасиетін ұзақ уақытқа сақтап, жоғары байланысқа ие аймақтарда дәстүрлі кезеңдік тазалаудан аз жиілікте өңдеуді талап етеді. Плазма негізіндегі стерилизация процестері жоғары деңгейдегі зарарсыздандыруды қамтамасыз етеді, ал озон және HPV сияқты химиялық дезинфекциялағыштар токсикалық қалдықтардың пайда болмауын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ақылды сенсорлар мен ЖИ негізіндегі автоматтандыру жүйелері бақылауды жетілдіріп, талаптарға сәйкестікті қамтамасыз ету үшін нақты уақыттағы түзетулер енгізуге мүмкіндік береді, бұл дезинфекцияның оңтайлы жұмысын қамтамасыз етеді. Осы жетістіктердің арқасында еңбек шығындары азаяды, қателіктер азайып, жалпы медициналық стандарттар мен өндірістік гигиена айтарлықтай жақсарады. Дезинфекция технологияларының болашағы жарқын болғанымен, көптеген қиындықтармен қатар жүреді. Келесі даму кезеңі нанотехнология, ЖИ-пен басқарылатын автоматтандыру және экологиялық таза, тұрақты дезинфекция шешімдері саласындағы зерттеулер нәтижесінде пайда болады деп күтілуде. Өнеркәсіпте гигиенаның жақсаруына, сонымен қатар азық-түлік өңдеу мен фармацевтика саласындағы жақсы өндірістік тәжірибелер талаптарын қанағаттандыратын, әрі үнемді әрі экологиялық тиімді технологияларға сұраныс өскен жағдайда, қазіргі қолданылып жүрген әртүрлі жүйелерді заманауи, қауіпсіздігі мен тиімділігі жоғары технологиялар алмастырады.

4. Қорытынды

Қазіргі заманғы дезинфекция технологиялары дәстүрлі әдістерге қарағанда тиімдірек әрі автоматтандырылған шешімдерді ұсынады. Олар тиімділігі жағынан ғана емес, сонымен қатар автоматтандырылған және қоршаған ортаға мінсіз үйлеседі. UV-C сәулелендіру, наножабындар, плазма негізіндегі стерилизация және ЖИ-пен басқарылатын роботтық жүйелер микробтарға қарсы күресте маңызды жетістіктерге қол жеткізіп, улы химиялық заттардың қолданылуын айтарлықтай төмендетеді.

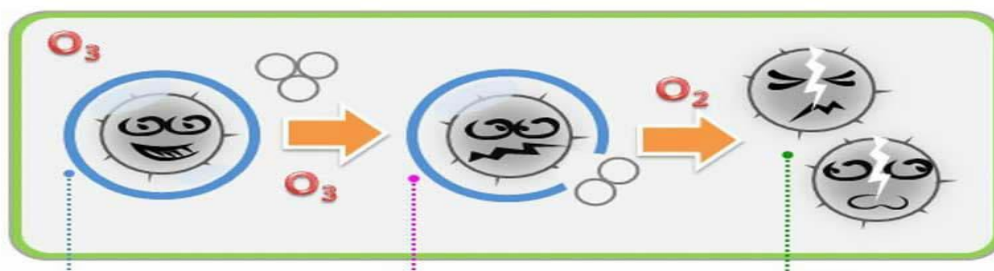
Дегенмен, жоғары қаржылық шығындар мен қауіпсіздік мәселелері сияқты кедергілер толық

шешілмейінше, осы технологиялардың кеңінен таралуына тосқауыл болуы мүмкін. Санитарлық-эпидемиологиялық талаптарының күшеюі қазіргі заманғы дезинфекциялық технологиялардың түрлі салаларда, әсіресе маңызды өндіріс және қызмет көрсету орталарында, болашақта міндетті құралға айналатынын білдіреді.

Мүддерлер қақтығысы орын алмады.

Қаржыландыру көзі жоқ.

Авторлардың үлесі. Концептуализация – А.Б., жазу және редакциялау – А.Б., Ж.Т., А.У.; материал жинақтау және саралау – К.Т., Г.К.



Сурет 1 - Озон микроорганизмдердің жасушалық мембранасын зақымдайды жасушаға еніп, ДНҚ-ны бұзады. Патогенді микроорганизмдердің жойылуы

Әдебиет

1. Hogard, S., Pearce, R., Gonzalez, R., Yetka, K., Bott, C. (2023). Optimizing ozone disinfection in water reuse: controlling bromate formation and enhancing trace organic contaminant oxidation. *Environmental Science Technology*, 57(47), 18499-18508. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.3c00802>
2. Rozman, U., Pušnik, M., Kmetec, S., Duh, D., Šostar Turk, S. (2021). Reduced susceptibility and increased resistance of bacteria against disinfectants: A systematic review. *Microorganisms*, 9(12), 2550. <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/12/2550#>
3. Dai, T., Vrahas, M. S., Murray, C. K., Hamblin, M. R. (2012). Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections?. *Expert review of anti-infective therapy*, 10(2), 185-195. <https://doi.org/10.1586/eri.11.166>
4. Cheng, R., Xue, X. Y., Liu, L., Wang, J. L., Liu, Y. P., Shen, Z. P., Zheng, X. (2018). Removal of waterborne pathogen by nanomaterial-membrane coupling system. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 18(2), 1027-1033. <https://doi.org/10.1166/jnn.2018.13963>

5. Guze, P. A. (2015). Using technology to meet the challenges of medical education. *Transactions of the American clinical and climatological association*, 126, 260. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4530721/>
6. Rutala, W. A., Weber, D. J. (2016). Disinfection and sterilization in health care facilities: an overview and current issues. *Infectious disease clinics of North America*, 30(3), 609. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.04.002>
7. Crow, S. (1984). Chemical Disinfectants. *Infection Control Hospital Epidemiology*, 5(1), 53-57. <https://doi.org/10.1017/S0195941700058859>
8. Hernandez-Navarrete, M. J., Celorrio-Pascual, J. M., VM, S. B. (2014). Principles of antiseptics, disinfection and sterilization. *Enfermedades infecciosas y microbiologia clinica*, 32(10), 681-688. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.04.003>
9. Bharti, B., Li, H., Ren, Z., Zhu, R., Zhu, Z. (2022). Recent advances in sterilization and disinfection technology: A review. *Chemosphere*, 308, 136404. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136404>
10. Kim, H. J., Yoon, H. W., Lee, M. A., Kim, Y. H., & Lee, C. J. (2022). Impact of UV-C irradiation on bacterial disinfection in a drinking water purification system. *Journal of microbiology and biotechnology*, 33(1), 106. <https://doi.org/10.4014/jmb.2211.11027>
11. Boone, S. A., Ijaz, M. K., Bright, K. R., Silva-Beltran, N. P., Nims, R. W., McKinney, J., Gerba, C. P. (2023). Antiviral natural products, their mechanisms of action and potential applications as sanitizers and disinfectants. *Food and Environmental Virology*, 15(4), 265-280. <https://doi.org/10.1007/s12560-023-09568-x>
12. Curran, E. T., Wilkinson, M., Bradley, T. (2019). Chemical disinfectants: controversies regarding their use in low risk healthcare environments (part 1). *Journal of infection prevention*, 20(2), 76-82. <https://doi.org/10.1177/1757177419828139>
13. Luo, H., Zhang, S., Zhong, L. (2024). Ultraviolet germicidal irradiation: A prediction model to estimate UV-C-induced infectivity loss in single-strand RNA viruses. *Environmental Research*, 241, 117704. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117704>
14. Rutala, W. A., Weber, D. J. (2016). Disinfection and sterilization in health care facilities: an overview and current issues. *Infectious disease clinics of North America*, 30(3), 609. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.04.002>
15. Chen, C., Guo, L., Yang, Y., Oguma, K., Hou, L. A. (2021). Comparative effectiveness of membrane technologies and disinfection methods for virus elimination in water: A review. *Science of the Total Environment*, 801, 149678. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149678>
16. Al-Hazmi, H. E., Shokrani, H., Shokrani, A., Jabbour, K., Abida, O., Khadem, S. S. M., Badawi, M. (2022). Recent advances in aqueous virus removal technologies. *Chemosphere*, 305, 135441. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135441>
17. Li, Q., Mahendra, S., Lyon, D. Y., Brunet, L., Liga, M. V., Li, D., Alvarez, P. J. (2008). Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. *Water research*, 42(18), 4591-4602. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.08.015>
18. Ding, Y., Sun, Q., Lin, Y., Ping, Q., Peng, N., Wang, L., Li, Y. (2024). Application of artificial intelligence in (waste) water disinfection: Emphasizing the regulation of disinfection by-products formation and residues prediction. *Water Research*, 253, 121267. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121267>
19. Xu, W. L., Wang, Y. J., Wang, Y. T., Li, J. G., Zeng, Y. N., Guo, H. W., Zhang, L. Y. (2024). Application and innovation of artificial intelligence models in wastewater treatment. *Journal of Contaminant Hydrology*, 104426. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104426>
20. Murphy, F., Tchetchik, A., Furxhi, I. (2020). Reduction of health care-associated infections (HAIs) with antimicrobial inorganic nanoparticles incorporated in medical textiles: an economic assessment. *Nanomaterials*, 10(5), 999. <https://doi.org/10.3390/nano10050999>

21. Foschi, C., Giorgi, B., Ambretti, S., Lazzarotto, T., Violante, F. S. (2023). Real-life assessment of the ability of an ultraviolet C lamp (SanificaAria 200, Beghelli) to inactivate airborne microorganisms in a healthcare environment. *Life*, 13(5), 1221. <https://doi.org/10.3390/life13051221>

22. Saleem, H., Zaidi, S. J. (2020). Sustainable use of nanomaterials in textiles and their environmental impact. *Materials*, 13(22), 5134. <https://doi.org/10.3390/ma13225134>

Rutala, W. A., Weber, D. J. (2011). Sterilization, high-level disinfection, and environmental cleaning. *Infectious Disease Clinics*, 25(1), 45-76. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2010.11.009>

Современные технологии дезинфекции: Инновации, эффективность и перспективы на будущее

[Баспакова А.М.](#)¹, [Ташимова Ж.К.](#)², [Уразаева А.Б.](#)³, [Тусупкалиева К.Ш.](#)⁴, [Кумар Г.Б.](#)⁵

¹ Профессор кафедры эпидемиологии, Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан

² Преподаватель кафедры эпидемиологии, Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан

³ Доцент кафедры эпидемиологии, Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан

⁴ Доцент кафедры эпидемиологии, Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан

⁵ Преподаватель кафедры эпидемиологии, Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан

Резюме

Современные методы дезинфекции являются ключевыми для обеспечения безопасности в таких областях, как медицина, пищевая промышленность, сети телекоммуникаций и системы поддержания безопасности. Инновационное развитие новых методов, такие как ультрафиолетовое излучение, озонирование, дисперсия мелкодисперсных частиц и биологическая дезинфекция, значительно увеличивает успешность уничтожения патогенов.

Автоматизация процессов и использование интеллектуальных систем позволяют уменьшить человеческий фактор и повысить точность дезинфекции. При этом актуальные вопросы безопасности и минимизации токсичности применяемых методов остаются вне должного внимания, несмотря на проводимые разработки.

Развитие дезинфекционных технологий заключается в создании более безопасных и экологически чистых методов с осуществлением экономии; интеграция таких технологий должны быть реализованы в цифровом плане. В будущем планируется появление более автономных и развитых форм дезинфекции.

Ключевые слова: Современные технологии дезинфекции, ультрафиолетовая дезинфекция, обработка озоном, антимикробные наноматериалы, автоматизированные системы дезинфекции, гигиена, общественное здравоохранение, методы стерилизации, инновации в дезинфекции, борьба с патогенными микроорганизмами.

Modern disinfection technologies: innovations, efficiency, and future prospects

[Akmaral Baspakova](#)¹, [Zhuldyz Tashimova](#)², [Aisha Urazayeva](#)³, [Kymbat Tussupkaliyeva](#)⁴,
[Gaukhar Kumar](#)⁵

¹ Professor of the Department of Epidemiology, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

² Lecturer of the Department of Epidemiology, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

³ Associate professor of the Department of Epidemiology, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

⁴ Associate professor of the Department of Epidemiology, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

⁵ Lecturer of the Department of Epidemiology, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan

Abstract

Modern disinfection methods play a crucial role in ensuring safety across various sectors such as healthcare, the food industry, telecommunications networks, and security systems. The innovative development of new techniques - including ultraviolet (UV) radiation, ozonation, fine particle dispersion, and biological disinfection—significantly enhances the effectiveness of pathogen elimination.

The automation of processes and the integration of intelligent systems help minimize human error and increase the precision of disinfection procedures. At the same time, critical safety concerns remain, particularly regarding the need to reduce the toxicity of applied methods, despite ongoing advancements.

The evolution of disinfection technologies focuses on creating safer, more environmentally friendly methods while ensuring cost efficiency. The integration of such technologies must be implemented within a digital framework. In the future, more autonomous and advanced forms of disinfection are expected to emerge.

Keywords: modern disinfection technologies, ultraviolet disinfection, ozone treatment, antimicrobial nanomaterials, automated disinfection systems, hygiene, public health, sterilization methods, disinfection innovations, pathogen control.