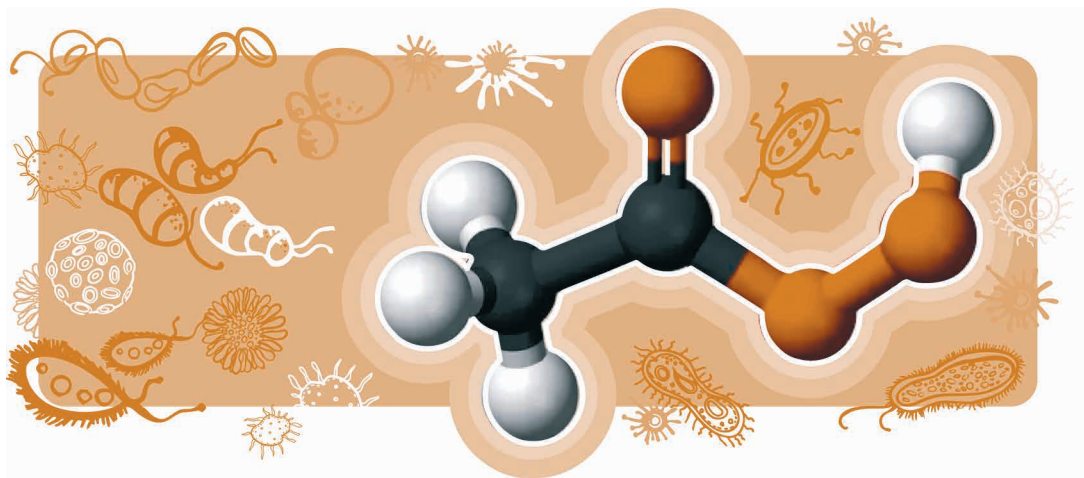




ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА НАДУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ¹

Ю.Н. БОЛЬШАКОВ (руководитель департамента экологической безопасности, ООО "ТехАтомСтрой"),

О.И. САМСОНОВ (генеральный директор ООО "ТехАтомСтрой"),

А.В. ПИНКИН (генеральный директор ООО ГК "Развитие"),

А.В. АРТЕМОВ, доктор химических наук (профессор, научный консультант)

Поступила в редакцию: 02.05.2026

Принята к публикации: 22.05.2026

Анализ применения надуксусной кислоты в качестве компонента дезинфицирующих составов. Приведены общие сведения о кислоте: основные методы получения и сфера практического применения; основные физические и химические свойства кислоты. Проведённый анализ показывает эффективность и универсальность действия надуксусной кислоты. Указана перспективность создания препарата на её основе, сочетающего дезинфицирующие и дезактивирующие свойства для нужд атомной промышленности.

В настоящее время атомная энергетика является наиболее востребованным типом

энергии, так как обладает рядом преимуществ перед другими типами топлива: превосходит органическое сырьё по энергетической плотности топлива; малые выбросы

¹ Дезинфицирующие препараты в атомной отрасли промышленности (обзор).

углекислого газа в атмосферу; низкая себестоимость произведённой электроэнергии и компактность размещения. Несмотря на преимущества данного типа энергии, к ключевой и актуальной проблеме относится обращение с высокоактивными отходами и загрязнениями, содержащими радионуклиды. Радиоактивные отложения на поверхности оборудования и помещений на территории атомных электростанций (АЭС) негативно влияют как на персонал станции, так и на окружающую среду.

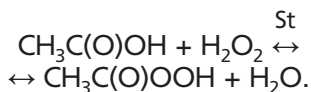
Компания ООО "ТехАтомСтрой" имеет многолетний опыт в области строительно-монтажных работ промышленных объектов и в сотрудничестве с Российской академией наук разрабатывает инновационные, химические решения, в том числе для атомной отрасли. Наиболее востребованным решением для атомной энергетики можно назвать производство и реализацию запатентованных дезинфицирующих растворов на основе надуксусной кислоты, которые служат в качестве дезактиватора радионуклидов на поверхности оборудования и помещений АЭС. Данные растворы удаляют как слабофиксированные загрязнения, так и плотные оксидные плёнки на металлических поверхностях. Предназначение каждого раствора зависит от состава композиции, в которую могут входить поверхностно-активные вещества, комплексообразователи и кислоты. При использовании дезинфицирующих растворов снижается объём радиоактивных отходов, – актуальная задача для атомной отрасли и экологии в целом.

В обзоре приведены основные данные о надуксусной кислоте как об эффективном дезинфицирующем препарате.

Сведения о надуксусной кислоте

Интерес к производству надуксусной кислоты (НУК) связан прежде всего с её эффективными дезинфицирующими свойствами, что позволяет частично или полностью заменить такие экологические небезвредные дезинфицирующие препараты, как хлор-, фенол- и альдегид-содержащие органические и неорганические соединения. В сравнении с этими традиционно используемыми дезинфицирующими веществами НУК "экологически чиста", так как первыми продуктами её распада являются только вода и уксусная кислота; последняя на более высоких стадиях биodeградации распадается на углекислый газ и воду. Экологическая чистота и широкий спектр действия НУК – вплоть до прямой дезинфекции продуктов питания – делает заманчивым производство и внедрение препарата в самых различных областях деятельности человека.

Промышленное производство НУК известно с 1910 г. Её получают жидкофазным окислением уксусной кислоты (УК) пероксидом водорода (ПВ):



В отсутствие стабилизатора (St) равновесие этого процесса сильно смещено в сторону исходных реагентов и в продуктах реакции обнаруживаются лишь следы НУК.

При наличии стабилизатора в растворе устанавливается равновесие, в котором равновесная концентрация НУК определяется исходной концентрацией ПВ. Именно эта равновесная смесь УК–НУК–ПВ–Н₂О получила название “Quaternary Equilibrium Product” – “четырёхкомпонентный равновесный продукт” и нашла широкое применение в качестве дезинфицирующего и стерилизующего средства.

Основные объекты использования дезинфицирующих препаратов на основе НУК:

- производство молока, масла, упаковка для этих продуктов питания;
- производство напитков, вина, пива (дезинфекция помещений и различных поверхностей контакта);
- производство мяса, цыплят, упаковка для этих продуктов питания;
- морепродукты и оборудование для переработки овощей;
- производство яиц и упаковка для них;
- учреждения питания и бассейны;
- любые поверхности контакта продуктов питания;
- дезинфекция кормов животных, дезинфекция пастбищ, дезинфекция в ветеринарных клиниках;
- в сельском хозяйстве и садоводстве – дезинфекция земель, песка, семян с целью увеличения роста растений, вод для орошения, дезинфекция лукович;
- производство бумаги, контактирующей и не контактирующей с пищей;
- другие объекты, в том числе и медицинского профиля (дезинфекция медицинских инструментов,

стерилизация, в хирургии или трансплантации).

Дезинфицирующие препараты на основе НУК эффективно использовать при уничтожении неприятного запаха таких вредных отходов, как, например, животные остатки или сточные воды предприятий пищевой промышленности.

Особенное увеличение производства дезинфицирующих препаратов (ДП) на основе НУК отмечалось в начале 1970-х гг., когда была установлена эффективность и экономичность их действия в процессах производства молока и пива. Начиная с 1990 г. использование ДП на основе НУК известно более чем в 30 различных отраслях промышленного производства. Дезинфицирующее действие ДП на основе НУК основано на сильном окислительном эффекте, приводящем к разрушению клеточной системы, бактерий, вирусов и других микроорганизмов.

Несмотря на то что сама НУК и ДП на её основе имеют характерный запах, она не вызывает раздражения при концентрации меньше 2000 ppm, которая более чем достаточна для целей общей дезинфекции. Именно её безопасность в использовании и относительно быстрое разрушение после применения предопределило популярность использования этих ДП в пищевой промышленности. Стабильность НУК при хранении достигается специальной технологией её получения и использования стабилизаторов, однако необходимо учитывать, что высокие температуры и различные загрязнения ускоряют распад НУК.

В Европе одним из основных поставщиков препаратов на основе

НУК является фирма SOLVAY под торговыми марками PROXITANE и OXYMASTER. Концентрация основного вещества – в зависимости от конкретной марки препарата – изменяется от 1 до 15% масс. В США один из производителей – фирма FMC (FOOD MACHINERY CORPORATION) – препарат выпускают под торговой маркой Vigor Ox и Floclide 375. Эти препараты также имеют различное содержание основного компонента.

Промышленность России выпускает два препарата на основе НУК: “Дезоксон-1” (содержание НУК 5–8%) и “Дезоксон-4” (содержание НУК 12–22%). Выпуск препаратов осуществляется на АО “Синтез” в г. Дзержинске. Недостаток этих препаратов – их малая стабильность, так как стабилизаторы, используемые при их производстве, не обеспечивают длительные сроки хранения, что делает их менее привлекательными по сравнению с мировыми аналогами.

В настоящее время промышленный выпуск НУК налажен в ОАО “Технология чистоты” и ОАО “Aquachemical”. В “Aquachemical” производится препарат “Аква-дез-НУК15” – техническое моющее средство с дезинфицирующим эффектом.

Этот препарат применяется для санитарной обработки технологического оборудования, тары и промышленных площадей в пищевой и перерабатывающей промышленности, в медицине, для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации, в сельском хозяйстве, организациях коммунального хозяйства, торговли, общественно-го питания, в качестве бесхлорного альгицида в плавательных бассей-

нах, а также при уборке мест общего пользования, в учреждениях и на транспорте.

“Аквадез-НУК15” – стабилизированный препарат на основе перекиси водорода и НУК. Представляет собой концентрированную бесцветную жидкость, обладающую резким специфическим запахом, которая при разбавлении водой сохраняет свои дезинфицирующие свойства вплоть до концентрации 0.01%. Рабочий раствор запахом практически не обладает. Может дезинфицировать любые объекты при низких температурах. Является сильным окислителем. Имеет плотность 1.15–1.21 г/см³, водородный показатель 1% раствора (рН) = 1.0–2.0. Содержание (% масс.): НУК (14–16), перекиси водорода (25–35). Как правило, применяется в концентрациях 0.015–0.35% при 5–40 °С.

Специальными опытами неожиданно было установлено, что применение НУК, помимо дезинфицирующих свойств, может быть использована для целей дезактивации. Поэтому представляло определённый интерес изучение дезинфицирующих составов на основе НУК с целью последующей перспективной разработки дезинфицирующих и дезактивирующих составов бинарного действия для атомной отрасли промышленности.

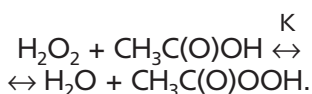
Свойства надуксусной кислоты

Основные физические свойства НУК:

- состояние – бесцветная жидкость;
- молярная масса, г/моль – 76.05;
- плотность, г/см³ – 1.1037;
- показатель преломления, n_D^{20} – 1.3964;

- температура плавления, °C – 0.1;
- температура кипения при 4 атм., °C – 110;
- температура кипения при 29 мм рт. ст., °C – 35–36;
- энтальпия образования, кДж/моль – 340;
- энтальпия испарения, кДж/моль – 44.2;
- кислотность, рКа – 8.2;
- растворимость – смешивается в воде;
- дипольный момент, Д – 7.9.

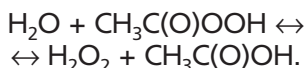
НУК образуется при действии концентрированного H_2O_2 на ледяную уксусную кислоту (константа равновесия равна $K = 0.37$):



НУК получают постепенным добавлением AcOH и H_2O_2 в воду, содержащую H_2SO_4 в качестве катализатора. Полученную смесь выдерживают до 10 дней для увеличения выхода.

Стабилизаторами служат пирофосфаты и тетраметапирофосфаты натрия и другие соединения. В природе НУК образуется в результате фотохимических реакций.

Химические свойства. НУК относится к группе сильных окислителей и довольно легко разрушается. Она менее стабильна, чем H_2O_2 . В разбавленных растворах НУК разлагается за счёт гидролитического расщепления на уксусную кислоту и H_2O_2 :

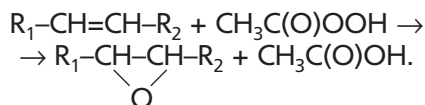


Скорость этой реакции в большой степени зависит от температуры. Если при 4 °C период полураспада составляет несколько месяцев, то при 40 °C он сокращается до одной недели. Скорость разложения зависит также и от величины pH. При собственном pH = 2.7 0.2%-ный раствор НУК стабилен в течение многих недель, тогда как при pH = 5.7 период полураспада менее 4 дней. Разложение НУК при 78 °C в среде уксусной кислоты протекает по реакции первого порядка с константой скорости $k = 0.0013 \pm 0.0003 \text{ мин}^{-1}$ вплоть до глубины конверсии 80–90%. В присутствии тяжёлых металлов разложение НУК происходит по реакции:



Степень разложения по этой реакции зависит от вида и концентрации ионов тяжёлого металла. Периоды полураспада могут длиться от нескольких часов до нескольких дней. При помощи комплексообразующих веществ можно в значительной степени предотвратить действие этих металлов.

Основное применение НУК в химической промышленности – синтез эпоксидов:



НУК – сильное и удобное дезинфицирующее средство из-за высокого окислительного потенциала. Она эффективна против широкой гаммы микроорганизмов и не дезактивируется ферментами (каталазой и пероксидазой), дезактивирующими

пероксид водорода. НУК легко разрушается в пище в безопасные остатки (AsOH и H_2O_2). НУК может быть использована в широком интервале температур (0–40 °C) и различном значении pH (3.0–7.5) для мытья в жёсткой воде.

Механизм действия НУК: она убивает микроорганизмы, окисляя и разрушая мембрану клетки с помощью гидроксил-радикала ($\text{HO}\bullet$). Если диффузия гидроксила медленнее, чем период его полураспада, он реагирует с каждой способной окисляться частицей. Гидроксил может разрушить практически любую макромолекулу, связанную с микроорганизмом: углеводы, нуклеиновые кислоты, липиды и аминокислоты (перевод фенилаланина в м- и о-тирозин). Это приводит к распаду клетки и её гибели.

НУК в качестве компонента дезинфицирующих составов

Так как основной сферой применения НУК оказывается использование в качестве компонента дезинфицирующих составов, существует большое количество описаний (патентов, статей и др.) этих дезинфицирующих составов, методы и эффективность их применения.

В настоящей обзорной статье цитирована лишь часть этих описаний, которые показались нам наиболее характерными. Кроме того, применение этих дезинфицирующих составов регламентировано инструкцией Министерства сельского хозяйства², другими фирмами, выпускающими препарат. Производственная компа-

ния VORTEX, например, специализирующаяся на автохимии, моющих средствах для пищевой промышленности и АПК, моющих средствах для клининга³, разработала инструкцию по применению беспенного низкотемпературного дезинфицирующего моющего средства на основе НУК и пероксида водорода для сельскохозяйственных предприятий, предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания, административных, общеобразовательных и других общественных учреждений. Разработанное средство предназначено:

- для низкотемпературной дезинфекции предварительно вымытого технологического оборудования, трубопроводов, установок ультрафильтрации и обратного осмоса, тары, оборотных пластиковых бутылей, упаковки, инвентаря методом орошения, погружения, циркуляции в закрытых автоматизированных системах мойки (CIP-мойка);

- для санитарной обработки, в том числе аэрозольной, объёмной дезинфекции, помещений, оборудования и коммуникаций производственных цехов и складов, инкубаторов, помещений для содержания животных и птицы (идеально подходит для работы в холодных помещениях от +1 °C);

- для дезинфекции транспортных средств по перевозке продуктов питания;

- для обеззараживания сточных вод, оборотной воды в охлаждающих системах;

² Наставление по применению надуксусной кислоты для аэрозольной дезинфекции // Главное управление ветеринарии МСХ СССР. 22.05.1980. № 115-ба.

³ Инструкция по применению беспенного низкотемпературного дезинфицирующего моющего средства на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода "TANK CAD1415/3". Ижевск, 2019.

- для биоцидной обработки различных поверхностей и изделий;
- для обеззараживания воды и тушек птицы при контактном охлаждении (бесхлорная технология);
- для дезинфекции скорлупы яиц;
- для снижения микробной обсеменённости и увеличения сроков хранения свежих фруктов, очищенных и резаных овощей, зелёных культур.

Препарат используют в концентрации 0.005–0.25% по НУК.

Для дезинфекции оборудования, трубопроводов, тары и помещений следует применять водный раствор препарата в концентрации 0.02–1.5% (0.003–0.25% по НУК). Готовить рабочий раствор рекомендуется непосредственно перед применением, соблюдая меры предосторожности. Санитарная обработка поверхностей и объектов производится в соответствии с инструкциями для конкретных областей применения. Продолжительность дезинфекции – 1–30 мин при температуре от +1 до +35 °С. После обработки промыть поверхности чистой водой.

Для обеззараживания воды в ванне охлаждения и деконтаминации поверхности тушек птицы – в концентрациях 0.03–0.10% (0.005–0.015% по НУК) в зависимости от технологических условий предприятия.

Для деконтаминации поверхности тушек птицы от сальмонелл – в концентрациях 0.2–0.3% (0.03–0.05% по НУК) при экспозиции 25 мин.

Для обеззараживания или снижения микробной обсеменённости применяют 0.2–0.3% рабочий раствор препарата (0.03–0.05% по НУК).

Для биоцидной обработки овощей, фруктов и зелени используют водный раствор препарата 0.01–0.4% концентрации.

Другой промышленной компанией “Ижсинтез-Химпром” разработан инструкция для предприятий молочной промышленности по применению моющего и дезинфицирующего средства на основе НУК CLESOL НУК 15⁴. Рабочая концентрация НУК в средстве – 0.015–0.1% (% масс.). Средство применяют при температуре 10–25 °С. Оно предназначено для мойки и дезинфекции различных видов технологического оборудования на предприятиях молочной промышленности: резервуаров, ёмкостей, ванн различного назначения, теплообменников, линий розлива, упаковки и расфасовки, трубопроводов, инвентаря, тары и пр.

В авторском свидетельстве⁵ описано дезинфицирующее средство, содержащее (% масс.): НУК (12.5–13.3); вторичные алкил-сульфаты натрия (13.3–18.75); триполифосфат натрия (18.75–20.00); вода – остальное. Это дезинфицирующее средство позволяет повысить стабильность препарата более чем в 3 раза, увеличивается бактерицидная активность. Средство может применяться в низких концентрациях и в меньшем количестве, что позволяет использовать его при дезинфекции загрязнённых инфицированных объектов. Приготовление дезинфицирующего препарата осуществляют смешиванием 20%-ной НУК с вторичными алкилсульфатами натрия и триполифосфата натрия в указанных соотношениях.

⁴ Инструкция для предприятий молочной промышленности по применению моюще-дезинфицирующего средства на основе надуксусной кислоты CLESOL НУК 15. Ижевск, 2020.

⁵ Виноходов В.В., Фёдоров Н.М. Авторское свидетельство СССР 1532051, МПК А61L 2/16. Дезинфицирующее средство. Донской сельскохозяйственный институт, публ. 30.12.1989, БИ № 48.

В авторском свидетельстве⁶ предложено дезинфицирующее средство, содержащее (% масс.): НУК (0.001–1.0); уксусную кислоту (0.0009–0.9); пероксид водорода (0.0017–1.7); пирофосфат натрия (0.000001–0.001); станнат натрия (0.000001–0.001); ацетат натрия (0.00162–1.62); ацетат калия (0.00004–0.04); ацетат кальция (0.000016–0.016); ацетат магния (0.000014–0.014); вода – остальное. Дезинфицирующее средство готовят добавлением к водному раствору, содержащему НУК, пероксид водорода, уксусную кислоту, пирофосфат натрия и станнат натрия. В качестве активатора-нейтрализатора добавляют карбонаты натрия, калия, оксиды кальция и магния. В уксуснокислой среде они реагируют с образованием соответствующих ацетатов. В результате получают растворы с хорошими органолептическими свойствами. У растворов менее выражено местное раздражающее действие на кожные покровы. Средство обладает высокой специфической активностью и широким спектром антимикробного действия. Рабочие растворы средства стабильно сохраняют антибактериальные и дезинфицирующие свойства в течение 25 сут.

Использование этого дезинфицирующего средства при различном соотношении указанных выше компонентов приводит к полному отсутствию роста *E. coli* (штамм 1257) и *St. Aureus* (штамм 209) при комнатной температуре за 10 мин.

⁶ Луценко-Бурмакина В.А., Мирошниченко А.Г., Коляденко В.Г. Авторское свидетельство СССР 1683763, МПК А61L 2/16 // Дезинфицирующее средство. Киевский медицинский институт им. акад. А.А. Богомольца, публ. 15.10.1991, БИ № 38.

При другом соотношении компонентов полное отсутствие роста *E. coli* (штамм 1257) и *S. Aureus* (штамм 906) без белковой защиты и с 20% масс. белковой защиты достигается мгновенно.

В авторском свидетельстве⁷ предложено дезинфицирующее средство состава (% масс.): НУК (12.5–13.3); цетилпиридиния хлорид (13.3–18.75); натрий сернокислый (18.75–20); вода – остальное. Средство готовят смешиванием ингредиентов в определённых соотношениях. Испытание дезинфицирующих свойств средства проводят на тест-объектах из стали и оструганного дерева, на которые наносят микробную взвесь *E. coli* (штамм 04) плотностью 20 млн микробных тел на 1 см². В качестве белковой защиты используют свиной навоз из расчёта 0.2 г на 100 см² поверхности тест-объекта. Поверхности его обрабатывают направленными аэрозолями дезинфицирующего средства при температуре 17–21 °С. Смывы с поверхностей для бактерицидного анализа проводят до обработки и через 60 мин после обеззараживания. Результаты анализа показали дезинфицирующую активность средства по сравнению с известными аналогами. Средство безвредно и не обладает кожно-раздражающим и токсичным действием при наружном применении.

В авторском свидетельстве⁸ предложено дезинфицирующее средство,

⁷ Авторское свидетельство СССР 1333338, МПК А61L 2/16 // Дезинфицирующее средство / Старцев В.Ф. Донской сельскохозяйственный институт. Публ. 30.08.1987. БИ № 32.

⁸ Авторское свидетельство СССР 1706634, МПК А61L 2/16 // Дезинфицирующее средство / Козлов Е.И., Виноходов В.В. Донской сельскохозяйственный институт. Публ. 23.01.1992, БИ № 3.

содержащее (% масс.): НУК (12.5–13.3); алкилтриметиламмоний хлорид (13.3–18.75); вода – остальное. Приготовление дезинфицирующего средства осуществляют смешиванием 20%-ной НУК с алкилтриметиламмоний хлоридом (АТМ).

Для проверки дезинфицирующего действия композиции проводили опыты, в которых на тест-объекты из оцинкованной стали и оструганного дерева размерами 100 см² наносили микробную взвесь *E. coli* (штамм 04) плотностью 20 млн микробных тел на 1 см². В качестве белковой защиты использовали фекалии телят из расчёта 0.2 г на 100 см² поверхности объекта. Подготовленные таким образом тест-объекты обрабатывали направленными аэрозолями НУК +АТМ. Аэрозоли генерировали при помощи компрессора при рабочем давлении 5 атм., медианный размер частиц аэрозоля 60–100 мкм. Доза – 150 мл/м², концентрация растворов (по НУК) – 0.1–0.8%. Температура воздуха в помещении была в пределах 18–22 °С. Смывы с поверхностей для бактерицидного анализа проводили до обработки и через 60 мин после обеззараживания. Бактериостатическое действие НУК и композиции на её основе исключали путём нейтрализации остаточных количеств препаратов 0.01%-ными растворами гидрокарбоната натрия и вторичным алкилсульфатом натрия. Результаты опыта показывают, что дезинфицирующая активность композиции на основе НУК в присутствии белковой нагрузки превышает активность чистого препарата НУК.

Для производственной проверки дезинфицирующего действия средства проводили опыты в телятнике. Дезинфектанты диспергировали в аэрозольное состояние

с помощью аэрозольного генератора и компрессора, рабочее давление 0.4–0.5 МПа, средний медианный диаметр частиц 65–90 мкм, расход дезинфектантов 150 мл/м². Объём боксов телятника-профилактика составлял 60 м³, температура воздуха – 14–16 °С.

Аэрозоли средства при экспозиции 1 ч снижают микробную контаминацию ограждающих конструкций, выполненных из дерева, бетона и металла, на 100%.

Дезинфицирующее средство применяется в низких концентрациях и меньшем количестве по сравнению с известными средствами и может работать при низких температурах и механической загрязнённости инфицированных объектов.

В патенте⁹ описано средство для стерилизации и отмывания биологических жидкостей. Оно содержит НУК, перекись водорода, уксусную кислоту, этилендиаминтетрауксусную кислоту и воду, взятые в определённых количественных соотношениях. Средство получают смешиванием водного раствора этилендиаминтетрауксусной кислоты с ледяной уксусной кислотой с последующим добавлением остальных компонентов до указанных концентраций.

В патенте¹⁰ для восстановления дезинфицирующего средства, содержащего НУК и пероксид водорода, в него дополнительно вводят пероксид водорода (35%)

⁹ Патент РФ 2077890, МПК А61L 2/16 // Средство для стерилизации и отмывания от биологических жидкостей / Дорофейков В.В., Щербак И.Г., Земченков А.Ю., Тимоховская Г.Ю., 27.07.1993.

¹⁰ Патент РФ 2209089, МПК А61L 2/16 // Способ восстановления дезинфицирующего средства / Смирнов А.В., Лазеба В.А., Мезенцев Б.М. 27.07.2003.

**Условия использования восстановленного дезинфицирующего препарата
на основе НУК**

Вид активности	Концентрация по НУК, %	Время обработки, мин
Бактерицидная	0.0005–0.0001	5–15
Вирулицидная	0.5–0.05	15–60
Фунгицидная	0.005–0.001	10–20
Спороцидная	1.5–1.0	15–30

в количестве 9.0–16.0 моль на 1 л дезинфицирующего средства и выдерживают в течение 3–6 дней до восстановления концентрации НУК. В патенте указано, что НУК находит широкое применение как дезинфицирующее средство в пищевой промышленности и медицине, поэтому очень важно иметь постоянную стабильную концентрацию НУК в средстве. Содержание НУК в готовом дезинфицирующем средстве может составлять от 5% до 30%. Длительность хранения таких препаратов с сохранением высоких стабилизирующих качеств может составлять до одного года. Однако к концу срока годности средства содержание НУК в нём значительно уменьшается. Это обстоятельство отрицательно сказывается на возможности дальнейшего применения средства и практически приводит к его утилизации.

Восстановление концентрации НУК производят следующим образом. Сначала определяют концентрацию средства, срок годности которого подходит к концу либо истёк. Процесс восстановления ведут 35% перекисью водорода. Подбирают необходимое количество перекиси и добавляют в исходный состав, процесс восстановления концентрации НУК ведут

в течение нескольких дней до восстановления исходной концентрации. 35%-ную перекись водорода вводят в количестве 9.0–16.0 моль на 1 л исходного дезинфицирующего средства. Полученную смесь выдерживают в течение 3–6 дней до восстановления концентрации НУК, близкой с исходной.

Восстановленный препарат используется для проведения бактерицидной, вирулицидной, фунгицидной и спороцидной обработки с продолжительностью и с рабочей концентрацией НУК (см. табл. 1).

В патенте¹¹ для дезинфекции и отмывания от биологических жидкостей таких изделий медицинского назначения, как диализаторы и гемодиализное оборудование, предложено использовать (% масс.): НУК (0.001–0.005); лимонную кислоту (30.0–50.0) и воду (остальное).

Дезинфицирующее средство готовят следующим образом: сухую лимонную кислоту растворяют в воде при температуре 25–30 °С, затем перемешивают и добавляют НУК. Смесь выдерживают не менее 24 ч.

¹¹ Патент РФ 2286776, МПК А61К 31/327, А61К 31/185, А61Л 2/16 // Дезинфицирующее моющее средство для изделий медицинского назначения / Смирнов А.В., Лазеба В.А., Сапожников Д.Б. Публ. 10.11.2006.

Активность дезинфицирующего средства по патенту¹¹

Состав % (лимонная кислота + + НУК)	E. coli B. subtilis	Спороцидная активность	Вирулицидная активность	Фунгицидная активность
30 + 0.001	99.8 %	99.4 %	100 %	100 %
40 + 0.001	99.9 %	99.5 %	100 %	100 %
50 + 0.001	99.9 %	99.8 %	100 %	100 %
30 + 0.005	100 %	100 %	100 %	100 %
40 + 0.005	100 %	100 %	100 %	100 %
50 + 0.005	100%	100 %	100 %	100 %

Активность дезинфицирующего средства приведена в табл. 2.

В патенте¹² дезинфицирующая композиция, используемая для дезинфекции медицинского оборудования, имеющего металлические части, содержит (% масс.): НУК (0.05–0.05); ингибитор коррозии (0.1–5.0); стабилизатор пероксида водорода и/или стабилизатор НУК (0.1–1.0). В качестве ингибитора коррозии используют вторичный кислый ортофосфат калия. В качестве стабилизатора пероксида водорода и/или НУК используют циклогексан-1.2-диаминотетраметиленфосфоновую кислоту или её соли. Дезинфицирующую композицию получают путём сливания двух растворов: в первом из них НУК, а во втором – ингибитор коррозии и стабилизатор пероксида водорода и/или НУК, причём в первом растворе НУК не в состоянии равновесия.

¹² Патент РФ № 2122434, МПК А61L 2/16, А61L 2/18 // Дезинфицирующая композиция, используемая для дезинфицирования медицинского оборудования, имеющего металлические части / Симмс Р.Э., Брауггэм П. "Солвей Интеррок Лимитед". Публ. 27.11.1998.

Помимо циклогексан-1.2-диаминотетраметиленфосфоновой кислоты (CDTMP) подходящими стабилизаторами процесса могут быть дипиколиновая кислота и гидроксид этилидендифосфонат (Dequest).

Композиция по патенту¹² особенно пригодна для дезинфекции металлического медицинского оборудования, изготовленного из стали, меди, латуни, алюминия, например для эндоскопов. Отдельные водные растворы, из которых готовят композицию, имеют более долгий срок хранения по сравнению с готовой композицией.

В патенте¹³ описано получение растворов, содержащих перекись водорода, используемых для дезинфекции контактных линз, при этом раствор содержит от 0.005 до 0.1% по весу НУК, от 1 до 8% перекиси водорода и уксусную кислоту в количестве, достаточном для достижения равновесного состояния системы. Такой раствор можно получить прямым взаимодействием, используя очень разбавленную реакцию-

¹³ Патент США № 4743447, МПК А61L 12/124 // Composition for disinfecting contact lenses / Le Rouzic D., Laforte E.J. Публ. 10.05.1988.

ную смесь с длительным установлением равновесного состояния, или из стабильного промышленного раствора слабой НУК, к которой добавляют другие составляющие композиции. В патенте указывается, что при этом не избегают отдельной начальной стадии получения устойчивого слабого раствора НУК, из него, в свою очередь, получают конечный продукт.

НУК используется для дезинфицирования водных растворов сахара. Так, в патенте¹⁴ для дезинфицирования водных растворов сахара в пищевой промышленности, которые являются питательной средой для развития микроорганизмов, в рециркулируемую в диффузор жомпрессовую воду вводят дезинфицирующее количество раствора НУК, имеющего молярное отношение перекиси водорода по меньшей мере 12:1. В центральную зону диффузора вводят раствор, имеющий молярное отношение перекиси водорода менее 10:1. Раствор, вводимый в рециркулируемую жомпрессовую воду, может иметь молярное отношение перекиси водорода к НУК от 12:1 до 120:1. Такой способ обеспечивает эффективное дезинфицирование водного раствора сахара и уменьшает его потери от жизнедеятельности микроорганизмов.

В патенте¹⁵ предложен совмещённый процесс получения де-

зинфицирующего препарата, содержащего НУК, и обработки этим препаратом говядины и мяса птицы. Процесс проходит в соответствии с принципиальной технологической схемой, приведённой на рисунке, следующим образом. УК из ёмкости (3) доводят до нужной концентрации добавлением воды. То же делают с ПВ из ёмкости (4). После чего оба водных раствора смешивают в смесительном баке (10). После смешения протекает процесс получения четвёртой равновесной смеси.

В смесительном баке (10) постоянно измеряют концентрацию НУК. Смесь циркулирует через каталитический слой кислой смолы (15) до получения нужной концентрации НУК. После чего полученный дезинфицирующий раствор выводят для непосредственной обработки говядины и/или мяса птицы или накапливают в промежуточной ёмкости (20). Исходный раствор УК имеет концентрацию 10–50%, а раствор пероксида водорода – 10–50%. Конечное содержание НУК в дезинфицирующем растворе составляет 50–2000 ppm. Смесь может быть подогрета до температуры 30–50 °С.

В качестве кислотного катализатора (кислотной смолы) используют известные ионообменные смолы. Полученный дезинфицирующий раствор на основе НУК оказывается эффективным в отношении грамположительных бактерий, грамотрицательных бактерий, грибов, простейших или их комбинации.

Дезинфекционные мероприятия, проводимые с использованием препаратов на основе НУК, должны стать частью профилак-

¹⁴ Патент РФ № 2117705, МПК C13D1/00 // Способ дезинфицирования водных растворов сахара / Мэллон Дж.В.Дж., Роберт Симмс Э., Бо-клер Г.Я. "Солвей Интерокс Лимитед", "Бри-тиш Шугар ПЛС". Публ. 20.08.1998.

¹⁵ Патент РФ 2769556 МПК C07C407/00, C07C409/24, C07C409/26, G05D11/00 // Получение органического пероксида в онлайн-ре-жиме с использованием слоя катализатора / Коулмен Т., Цеман Т., Фрай С., Сэйр Р. Кор-порейшн. Публ. 04.07.2022, БИ № 10.

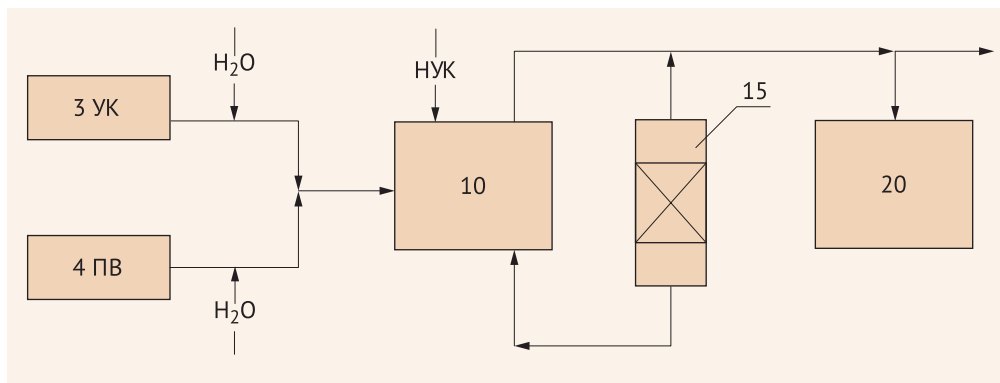


Рис. Принципиальная схема получения дезинфицирующего препарата на основе НУК по патенту¹⁵

тических гигиенических мер, особенно в периоды возникновения инфекционных ситуаций¹⁶. Высокая эффективность дезинфицирующих средств на основе НУК, которые, действуя быстро, способны поражать такие опасные микроорганизмы, как *Escherichia coli*, *Streptococcus fecalis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Bacillus megaterium* (споры), *Cryptosporidium parvum*, *Endamoeba histolytica*, *Listeria*, *Giardia* и др. Кроме того, использование препаратов на основе НУК характеризуется рядом достоинств как самого процесса, так и метода: низкотемпературный режим; глубокое проникновение в материал, возможность стерилизации термолabileльных изделий; безопасен для окружающей среды. Бактерицидное действие НУК начинает проявляться при низких концентрациях в дезинфицирующем растворе. НУК способна воздействовать на

патогены даже в споровой форме, что не всегда достигается при воздействии радиации. Уникальные бактерицидные свойства НУК подтверждают возможность и необходимость её использования при выполнении гигиенических процедур по обработке помещений, поверхностей, продуктов питания в промышленных и бытовых условиях и др. Известна высокая эффективность препаратов на основе НУК как дезинфектанта для очистки поверхностей в помещениях от вирусов, бактерий, спор, грибов, пылевых клещей. В результате достигается продление срока хранения пищевых продуктов, фармацевтического сырья, сельскохозяйственной продукции, семенного фонда.

Выбор адекватной технологии эффективной дезинфекции при обработке помещений, поверхностей, продуктов питания в промышленных и бытовых условиях оказывается актуальной медицинской и социально-экономической задачей. Одним из возможных путей её решения будет применение для этих целей препаратов на основе НУК, для

¹⁶ Пантелеев И.В., Розанов В.В., Матвейчук И.В. Озоновые технологии: медико-биологические приложения в условиях современных вызовов // Русский инженер. 2021. № 03 (72).

выработки которых в России имеется достаточное количество действующих производств, которые нуждаются в расширении и всесторонней поддержке.

В работе¹⁷ приведены результаты анализа современных химических средств на основе НУК для повышения безопасности и качества обработки эндоскопической аппаратуры. Определены виды и критерии оценки рисков для медицинского персонала и эндоскопической техники, связанные с применением химических средств. Отмечается, что кислородоактивные средства на основе НУК наиболее перспективны для дезинфекции высокого уровня и холодной стерилизации в эндоскопии с точки зрения безопасности для пациентов, персонала, аппаратуры и окружающей среды. Средства на основе НУК могут быть рекомендованы в качестве замены альдегидсодержащим средствам, которые сохраняют средние и высокие риски, связанные с обработкой эндоскопов:

- возможность передачи инфекций пациентам в случае фиксации биологических остатков в каналах эндоскопов при недостаточной очистке;

- свойство альдегидов фиксировать органические остатки и при недостаточной очистке каналов эндоскопов приводить к их закупорке и вероятности повреждения и др.

В патенте¹⁸ дезинфицирующее средство “НУКОЦИД” на основе НУК получают путём взаимодействия уксусного ангидрида и перекиси водорода при дополнительном содержании молочной кислоты, хлористого кальция и сульфанола при следующем соотношении компонентов (в масс. %): уксусный ангидрид (35–45); пероксид водорода (15–25); молочная кислота (1–3); хлористый кальций (1–3); сульфол (0.5–1.0); вода – остальное. Приготовленное в указанных выше соотношениях компонентов дезинфицирующее средство испытывают в опытах по обеззараживанию поверхностей помещений, контаминированных санитарно-показательными микроорганизмами – *E. coli* (штамм 1257) и *St. Aureus* (штамм 209-P) из расчёта $2 \cdot 10$ тел/см² с органической защитой в виде стерильного куриного помёта (0.2 г сухого вещества на 100 см²) в помещении объёмом 120 м³. Дезинфицирующее средство распыляли в пространство помещения (объёмные аэрозоли) с помощью центробежного аэрозольного генератора ЦАГ, создавая объёмный аэрозоль (массовый медианный диаметр аэрозольных частиц – 43 мкм). Расход препарата – 15–20 мл/м³. Экспозиция дезинфекции – 3 ч. При такой дезинфекционной обработке эффективность дезинфекции в отношении *E. coli* (15 мл/м³) составила: для пола – 100%; для стен – 99.9–100%; для потолка – 97.3–100%. В отношении *St. Aureus* (20 мл/м³) составила: для пола –

¹⁷ Борисевич Г.А., Гренкова Т.А., Иванцова М.А. Современные средства на основе надуксусной кислоты: возможности и перспективы их использования для повышения безопасности и качества обработки гибких эндоскопов // Уральский медицинский журнал. 2019. № 11 (178).

¹⁸ Патент РФ № 2216357, МПК А61L 2/16, А61L 2/18 // Дезинфицирующее средство “НУКОЦИД” / Богенин Ю.И., Бутко М.П., Тиганов В.С., Фролов В.С. Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. Публ. 20.11.2003.

100%; для стен – 99.8–100%; для потолка – 94.7–100%.

При другой дезинфекционной обработке путём создания направленных аэрозолей, распыляемых непосредственно на обрабатываемый объект с расстояния 2.5–3 м с помощью пневматической вихревой аэрозольной насадки ПВАН при экспозиции 3 ч (массовый медианный диаметр аэрозольных частиц 80–110 мкм), эффективность дезинфекции по отношению к *E. coli* составила 95.3–100% (концентрация рабочего раствора по препарату 2%), а по отношению к *St. Aureus* составила 99.9–100% (концентрация рабочего раствора по препарату 3%).

По мнению авторов патента, данное средство позволяет повысить эффективность действия состава за счёт снижения расхода и концентрации препарата, возможности его равномерного распределения по горизонтальным и вертикальным поверхностям помещения и особенно для труднодоступных к воздействию дезинфектанта участков (углы, щели и т.п.).

Антимикробные свойства НУК и методы определения и расчёта

этих свойств подробно описаны в работе¹⁹. Обзор химических аспектов дезинфекции сточных вод приведён в работе²⁰.

Заключение

Проведённый анализ свидетельствует об эффективности и универсальности действия НУК как дезинфицирующего препарата. Определённый интерес представляет разработка препаратов для атомной промышленности, объединяющих дезинфицирующие и дезактивирующие свойства. Для выработки этих препаратов в России имеется достаточное количество производств и технологий.

¹⁹ Patricia M. *Hydrogen Peroxide, Peroxyacetic Acid, Octanoic Acid, Peroxyoctanoic Acid and 1-Hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic Acid (HEDP) as Components of Antimicrobial Washing Solutions* / Patricia M., Azanza V. // Материалы 63-й сессии Объединённого комитета экспертов по пищевым добавкам (JECFA), оценка химических и технических аспектов (СТА), ФАО. 2004. С. 1(7)–7(7).

²⁰ Luukkonen T. *Chemical aspects of peracetic acid based wastewater disinfection* / Luukkonen T., Teeriniemi J., Prokkola H., Ramo J., Lassi U. // *Water SA*. 2014. Vol. 40. № 1.

