

УДК 541.183:614.894:615.281

**А. А.-А. Эннан¹, Р. Е. Хома^{1,2}, Р. М. Длубовский¹,
Н. Н. Абрамова¹, С. В. Водзинский^{1,2}**

¹Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека
МОН и НАН Украины, ул., Преображенская, 3Одесса, Украина, 65082;
e-mail: eskvar@ukr.net

²Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, ул. Дворянская, 2
Одесса, Украина, 65082; e-mail: rek@onu.edu.ua

АНТИМИКРОБНЫЕ И ПРОТИВОВИРУСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РЕСПИРАТОРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В связи с продолжающейся в мире вспышкой новой коронавирусной инфекции, которая признана ВОЗ пандемией, практический интерес представляет защита от возбудителей инфекционных заболеваний за счет включения биоцидных агентов в фильтрующие материалы средств индивидуальной защиты органов дыхания и выявление антибактериальной и противовирусной активности в уже существующих хемосорбционных материалах. Охарактеризованы биологические аэрозоли, условия их образования и способы улавливания. Описаны основные методы придания антибактериальных и вирулицидных свойств фильтрующим материалам с применением биоцидов, а также требования, предъявляемые к ним. Отмечены перспективные соединения для создания хемосорбентов с антибактериальными (противовирусными) свойствами.

Ключевые слова: фильтрующие материалы, антибактериальная и противовирусная функции, биоаэрозоли.

Распространение тяжёлой острой респираторной инфекции COVID-19, спровоцированное коронавирусом SARS-CoV-2 (известен также как 2019-nCoV) [1, 2], квалифицировано в марте 2020 г. ВОЗ как пандемия [3]. Ранее (с начала XXI века) коронавирусы (SARS-CoV [4], MERS-CoV [5]) также преодолели видовой барьер, вызывая тяжелые пневмонии у людей.

В настоящее время досконально обсуждаются многие, в частности микробиологические, биохимические и клинические аспекты проблемы COVID-19 [6-10]. В настоящем обзоре освещены вопросы, касающиеся проблем выбора фильтрующих материалов (**ФМ**) для изготовления средств индивидуальной защиты органов дыхания (**СИЗОД**) населения, медицинского персонала в период пандемий. Необходимо отметить, что данная работа не является исчерпывающим обзором; скорее, это попытка лучше понять общее состояние проблемы.

Согласно общепринятой классификации респираторы по функциональному назначению делятся на три типа [11]:

- противопылевые (противоаэрозольные), защищающие от токсичных аэродисперсных частиц различного происхождения (пыль, дым, туман), в том числе в зоне радиационного, химического и биологического заражения;
- противогазовые респираторы, защищающие от токсичных газов и паров;
- газопылезащитные, защищающие от токсичных аэродисперсных частиц различного происхождения (пыль, дым, туман), а также токсичных газов и паров.

В свою очередь противогазовые фильтры, применяемые для снаряжения респираторов, в зависимости от химической природы улавливаемых (обезвреживаемых) ими токсичных газов и паров имеют собственную классификацию [12].

Существующая классификация противопылевых (противоаэрозольных) фильтров отображает степень очистки воздуха от твердых и жидких аэрозолей [13]. Однако указанная классификация не учитывает природу (биологическую, радиоактивную и т.п.) аэрозоля.

Известны требования к СИЗОД, предназначенных «для ограничения передачи инфицирующих агентов, от персонала пациентам во время хирургических операций» (в некоторых случаях, наоборот) и методов их испытаний касаются только «Масок хірургічних» («Surgical masks»), что отражено в европейской и, в свою очередь, в украинской нормативной документации [14, 15], и практически тех же изделий, называемых «Маски медичинські» («Medical face masks») [16, 17], по названию которых можно трактовать как возможность их применения в различных медицинских учреждениях.

Ввиду того, что степень очистки как вдыхаемого, так и выдыхаемого воздуха от различных аэрозолей зависит не только от защитных характеристик ФМ, но и от плотности прилегания полумаски к лицу по полосе обтюрации [12, 18-20] в остальных (нехирургических) случаях защиты от биологических аэрозолей (вирусы, грибки и т.д.) согласно [14-16] следует рассматривать использование исключительно респираторов.

Биологические аэрозоли и способы их улавливания

Биологически опасные субстанции могут присутствовать в воздухе либо в качестве самого агента, как споры сибирской язвы, либо в(на) каком-либо материале, который попадает в воздух. Микроорганизмы (бактерии, риккетсии, вирусы, патогенные грибки и др.) распространяются по воздуху внутри капельных и на поверхности твердых аэрозольных частиц (размером $0,5 \div 100$ мкм по аэродинамическому диаметру), в целом называемых биологическими аэрозолями [21-24]. Указанные микроорганизмы могут воздействовать на живые существа, в том числе и человека, через инфекционные, аллергические, токсические, фармакологические и другие процессы.

Биологические аэрозоли образуются в результате высыхания и подъема с пылью сухих экскрементов больных животных и человека, а также при испарении или выделении больными и бациллоносителями воздушно-капельным путем возбудителей некоторых инфекционных заболеваний (легочная чума, натуральная оспа, грипп, коронавирусы и т.д.) [24].

Время сохранения вирулентной активности (так называемой «живучести» или «жизнеспособности» [25]) микроорганизмов зависит от их биологических свойств, влажности и температуры воздуха, pH и солевого состава капельных аэрозолей, а также физико-химических свойств материалов, поверхностью которого они сорбированы [21, 26-30]. Влияние относительной влажности воздуха на микроорганизмы является важным, но непредсказуемым фактором. Так, к примеру, вирусы без структурных липидов (например, вирусы полиомиелита и ящура) были более стабильными в условиях высокой влажности, тогда как вирусы грип-

па и коровьей оспы со структурными липидами были наименее стабильными. В случае *Francisella tularensis* высокие уровни выживаемости были обнаружены при низкой и высокой влажности, но не на промежуточных уровнях [31]. Следует отметить, что результаты разных исследований трудно сравнивать, поскольку методы (см. обзоры [29, 32]) и условия оценки патогенности микроорганизмов редко бывают одинаковыми.

Количество и величина частиц биоаэрозоля, создаваемого инфекционным больным в воздухе помещения, зависит от силы и частоты физиологических актов (чиханья, кашля, разговора), а также интенсивности образования мокроты [23, 33, 34].

Для удаления микроорганизмов из воздуха в системах очистки активно используют волокнистые или пористые фильтры тонкой очистки. Наряду с этим для обеззараживания воздуха применяются: воздействие ультрафиолетового излучения, озонирование, фотокатализ, холодная плазма, электрический разряд, электропорация в электрическом поле, установки термического обезвреживания, пропускание газов через растворы дезинфицирующих веществ [22, 24, 35].

Улавливание биологических аэрозолей фильтрующими волокнистыми материалами (ФВМ) происходит за счет диффузионного эффекта, а также вследствие инерции, гравитации и седиментации. Электростатический эффект осаждения проявляется в значительной степени при наличии высокозаряженных частиц и/или волокон [23]. При этом на поверхности ФВМ происходит накопление микроорганизмов, которые при повышенной влажности (за счет выдыхаемого воздуха) и температуры сохраняют свою патогенность, а некоторые из них могут и размножаться [36]. Кроме того, конденсация водяного пара в сочетании с соответствующей температурой и влажностью внутри СИЗОД (респиратора, полумаски) создает благоприятную среду для роста и размножения собственных патогенных бактерий (выдыхаемых пользователем), что представляет опасность для здоровья [37].

Воздействие на здоровье вдыхания биоаэрозолей зависит от количества частиц, сохранивших жизнеспособность, тогда как в случае небактериальных аэрозолей это воздействие зависит в основном от совокупной массы частиц [31]. Скорость потока и относительная влажность влияют на уровень проникновения микроорганизмов через респираторные фильтры. Связь между проникновением микробов через респираторные фильтры с аэродинамическим диаметром, формой аэрозолей, размерами или другими физическими характеристиками микроорганизмов остается противоречивой.

Снаряжение СИЗОД клапанами выдоха (или вдоха) частично предотвращает накопление влаги и тепла в подмасочном пространстве и способствует увеличению времени использования от 2 часов (для бесклапанного СИЗОД) до 4÷8 часов (для клапанного СИЗОД) [38].

«Физическая» или механическая фильтрация неспособна полностью инактивировать биоаэрозоли, поэтому существует угроза заражения пользователя СИЗОД [39]. Кроме того, существует вероятность реаэролизации микроорганизмов с поверхности ФМ [31]. Реаэролизация частиц из фильтров возможна, когда ранее захваченные частицы могут проникать и достигать дыхательных путей пользователя с высокой скоростью вдыхания. Альтернативно, захваченные частицы

могут высвободиться в воздух во время сильного кашля или чихания. Кашель и чихание могут позволить аэрозольным частицам, образующимся у пользователя, проходить обратно через фильтр и загрязнять окружающую среду.

Поэтому существует весьма актуальная проблема создания эффективных ФМ с вирулицидной и антибактериальной активностью для снаряжения внешней и внутренней стороны полумаски СИЗОД.

Антибактериальные и вирулицидные фильтрующие материалы респираторного назначения

Основным методом придания антибактериальных и вирулицидных свойств ФМ является применение биологически активных веществ – биоцидов [40, 41]. Требования к биоцидам, применяемым для нанесения на ФМ, следующие [40, 41]:

- диаметр активной частицы должен составлять $0,1 \div 1$ мкм, чтобы антимикробный состав распределялся равномерно в полимерной матрице;
- эффективность и максимальный срок воздействия на наиболее распространенные микроорганизмы при минимальной концентрации;
- отсутствие токсичного и раздражающего действия на организм пользователя;
- отсутствие запаха;
- отсутствие ухудшения физико-механических, гигиенических и других свойств ФМ в связи с модификацией его биоцидными веществами;
- сочетаемость с другими отделочными препаратами и вспомогательными веществами, применяемыми в процессе производства ФМ;
- активные компоненты добавки должны иметь возможность миграции из внутренних областей волокна на его поверхность;
- светостойкость, атмосферостойкость.
- невысокая стоимость биоцида, которая не должна привести к значительному удорожанию готового изделия с антибактериальными и вирулицидными свойствами.

Биологически активные вещества могут быть введены в полимерную (ый) матрицу (субстрат) с помощью следующих методов [40-42]:

- пропитка биоцидами, химическая и физическая модификация волокон и нитей, формируемых затем в ФМ;
- пропитка ФМ растворами или эмульсиями антибактериального препарата, химическая модификация последнего;
- введение биоцидов в связующее вещество (при производстве нетканых материалов химическим способом);
- придание антимикробных и вирулицидных свойств ФМ в процессе их крашения и заключительной отделки;
- применение дезинфицирующих веществ при химической чистке или стирке ФМ.

В зависимости от метода введения биологически активные вещества могут входить в структуру волокна, быть зафиксированными на волокне химическими связями либо закрепленными на нем с помощью полимерных покрытий или низкомолекулярных посредников.

Химическая модификация и нанесение защитных покрытий составляют достаточно безопасную для человека и окружающей среды группу методов придания ФМ антибактериальных и вирулицидных свойств, но у химических методов модификации есть существенные технологические, экономические и экологические недостатки. Химическая модификация волокон может ухудшить некоторые механические свойства полимерных волокон. Кроме того химическая модификация полимерных волокнистых материалов требует приобретения, транспортировки и монтажа дополнительного оборудования и химических реагентов, что существенно усложняет технологию, увеличивает трудоемкость производственного процесса, что может неблагоприятно сказаться на экологической ситуации и привести к удорожанию конечного продукта [41].

Одним из наиболее эффективных подходов к получению биоцидных материалов является включение биоцидов в структуры полимеров [43]. На сегодняшний день ряд этих агентов, включая триазины [43], соли четвертичного аммония [44-47], соли фосфония [48], активируемые светом генераторы активных форм кислорода (АФК) на основе протопорфирина [49, 50], или металлокомплексов порфиринов [51], поли(эфирокетоны) [52], полигуанидины [53], сульфониевые соли [54], антибиотики [55-59], ионы тяжелых металлов [60], хлорфенильные производные [61], биомиметические полиамиды [62] и N-галамины [63], были введены в обычные полимеры. Биоцидные характеристики этих материалов существенно различаются. Известно [43], что идеальных биоцидных полимеров не существует, для различных целей подходят совершенно разные материалы. Таким образом, доступность широкого спектра биоцидных полимеров обеспечивает значительную гибкость при разработке и оптимизации их ключевых характеристик.

Как и ожидалось, иммобилизация биоцидов на полимерных носителях за счет ковалентного связывания приводит к понижению токсичности первых для пользователей [64].

Термическая обработка (кипячение) полиэтилентерефталатных (ПЭФТ) волокон водными растворами гидроксида натрия, четвертичных аммониевых солей, аммиака и амидов за счет каталитического гидролиза приводит к возрастанию содержания на поверхности волокон гидроксильных групп [65]. Каталитическая активность оснований в реакции гидролитического расщепления ПЭФТ волокон падает в ряду $\text{NH}_2\text{CONH}_2 > \text{NH}_4\text{OH} > \text{NaOH}$. В присутствии карбамида происходит поверхностный аминолиз ПЭФТ волокна, обеспечивающий совместно с гидролизом образование на поверхности волокна значительного количества ОН-групп, в 6 раз превышающего исходное, и способствующий дальнейшей более прочной фиксации биоцидов на поверхности волокон [65].

Модификация целлюлозного волокна может быть осуществлена различными способами [66, 67]. Перспективными являются **химические** [68] и **биокаталитические** [69, 70], которые все шире используются в химии волокон для структурной модификации и введения новых функциональных групп в макромолекулу полимера. Химическая модификация целлюлозы повышает гигроскопичность волокон, их устойчивость к действию микроорганизмов и ее способность к взаимодействию с веществами, обеспечивающими придание бактерицидных свойств [66, 67]. Для структурной модификации целлюлозы применяют целлюлазы –

ферменты, катализирующие реакции гидролитического расщепления β -(1,4)-гликозидной связи полиуглеводной цепи. В результате разрыхления высокоупорядоченной структуры полиуглевода увеличивается доступность функциональных групп ее макромолекул для участия в различных реакциях [69, 70].

Биокаталитически или химически модифицированные целлюлозные волокна используются для присоединения антимикробных соединений: фурагина, хлоргексидина биглюконата, ципрофлоксацина [70], бензимидазола [71], бриллиантового зеленого [68] и т.д..

Аппретирование ФМ гидрофобизирующими веществами (например, силиконами) сообщает им достаточно высокую антимикробную активность [41]. Гидрофобизирование материалов может ослаблять вредное воздействие микроорганизмов, так как уменьшается количество адсорбированной влаги. Однако сама по себе гидрофобная отделка не может полностью устранить вредного воздействия микроорганизмов.

Применение поливинилпирролидона в композиции с бензойной кислотой и сульфатом меди при аппретировании целлюлозных волокон позволило получить антимикробный материал [72].

Особого внимания заслуживает синтез водорастворимых высокомолекулярных соединений, в структуру которых внедрены аминогликозидные антибиотики (амикацин [56], гентамицин [56, 58, 73, 74], канамицин [56, 74], неомицин [74] и эритромицин [58, 75, 76]), с последующей иммобилизацией их на поверхности фосфорсодержащих волокнистых целлюлозных и углеродных материалов [56].

Сначала в качестве текстильных носителей для закрепления биоцидов были использованы тканые материалы [66]. Ткани, содержащие химически связанные антисептики (Cu(II), Ag(I), Zn(II), гексахлорофен, фурагин, катамин АБ и др.), обладают высокими антимикробными свойствами по отношению к патогенной микрофлоре [66, 77]. Они способны обеспечивать изделиям высокие эксплуатационные, эстетические свойства, однако из-за ряда особенностей, связанных с их строением (сравнительно жесткой конструкцией, недостаточной подвижностью, осыпаемостью краев), их использование не всегда может быть желательным [78]. Вышеуказанные материалы достаточно трудоемки в изготовлении, требуют применения высококачественного и дорогостоящего сырья. Использование нетканых материалов в качестве носителей биоцидов оказалось более предпочтительным.

Нетканые материалы производят из дешевого сырья. Благодаря своей структуре они обладают хорошими сорбционными свойствами, что облегчает их пропитку биоцидами [78]. Такие материалы паро- и воздухопроницаемы, гигроскопичны, легки и удобны при эксплуатации, приятны и мягки на ощупь [78, 79]. Их невысокая стоимость позволяет использовать такие материалы для изделий одноразового или краткосрочного применения.

Придание антибактериальных и вирулицидных свойств ФМ методом пропитки (**импрегнирования**) их растворами биоцидов является традиционным и проверенным временем способом, однако вещества, применяемые для пропитки, могут быть токсичны для человека и окружающей среды и их долговечность (устойчивость) не всегда велика [41]. Закрепление биоцидов на поверхности волокон

осуществляется за счет образования между ними водородных связей, электростатического (диполь-дипольного) и дисперсионных взаимодействий.

В настоящее время в производство антибактериальных текстильных материалов активно внедряются **нанотехнологии**, что позволяет получить материалы с антимикробными свойствами, безопасные для человеческого здоровья. Использование нанотехнологий позволяет значительно снизить затраты на основной стадии производства, где расход сырья и материалов значителен. Получение антибактериальных текстильных материалов возможно, во-первых, за счет использования текстильных нановолокон и нитей в материалах, и, во-вторых, за счет использования нанодисперсий и наноэмульсий для пропитки и отделки ФМ [41].

В настоящее время одна из быстро развивающихся областей современной нанотехнологии – создание и использование наноразмерных частиц различных металлов. В наноразмерном состоянии многие вещества приобретают новые свойства и становятся весьма активными в биологическом отношении. При этом наиболее перспективны для применения в медицине наноматериалы, отвечающие таким основным требованиям, как биосовместимость и программируемое позитивное действие на биологический объект. В числе наноматериалов, производящие в настоящее время промышленностью, особое внимание привлекают препараты наночастиц серебра, меди, золота и палладия, обладающие антибактериальными свойствами [41, 80]. Введение серебра и его соединений в структуру волокон, наряду с очевидными преимуществами (бактерицидное действие, отсутствие раздражающих воздействий на кожу, длительный антимикробный эффект), приводит к значительному увеличению цены волокон (стоимость добавок из драгоценных металлов) [42].

Классические методы наполнения и пластификации полимерной основы долгое время оставались единственным инструментом для регулирования свойств химических волокон. В настоящее время целенаправленная модификация поверхностного слоя волокон, которая не влияет на их сердцевину, стала ведущей тенденцией в науке о текстильных материалах. Такая модификация реализуется преимущественно через механизм диффузии с использованием технологических сред, которые термодинамически совместимы с полимерной основой волокон. Последнее условие является существенным ограничением диапазона технологического воздействия на структуру поверхностного слоя, что делает невозможным введение в него множества очень эффективных модификаторов мишени [42].

Ситуация коренным образом изменилась при внедрении методологии модификации поверхности химических волокон, основанной на реализации явления крейзинга [42, 81, 82]. **Крейзинг** – это процесс пластической деформации полимеров, приводящий их в определенное структурное состояние. При уровнях нагрузки и свойствах среды (которые являются индивидуальными для каждого материала) в волокнах возникают особые области ориентированного состояния – крейзы. Это микротрещины, стенки которых связаны фибриллами диаметром менее 10 нм. Степень раскрытия крейзов в полиэфирных волокнах (в стеклообразном состоянии при комнатной температуре), подвергнутых ориентационному вытягиванию в поверхностно-активных жидких средах, способствующих растрескиванию волокон, обеспечивает возможность введения в поверхностный

слой волокна любых веществ независимо от их физико-химической природы. Как правило, основными методами модификации химических волокон по механизму крейзинга являются ноу-хау ведущих производителей волокон со специальными свойствами, закрытыми для сторонних специалистов [42].

В некоторых случаях производители антимикробных волокон сообщают, какие активные добавки вводятся в полимерную основу, но гораздо чаще они не предоставляют такую информацию, пытаясь защитить свои ноу-хау; однако в последние годы они обычно называют группу веществ, к которым относится добавка, чтобы показать потребителю, что волокна не содержат веществ, опасных для здоровья. Поскольку подавление активности микроорганизмов не является единственным требованием к антимикробному компоненту синтетических волокон, целесообразно рассмотреть весь спектр таких веществ и определить критерии, которым они должны соответствовать [80].

Перспективы разработки антимикробных и противовирусных импрегнированных материалов респираторного назначения

Среди описанного выше многообразия существующих методов придания фильтрующим материалам антимикробных и противовирусных средств детально остановимся лишь на тех, которые основаны на существующих разработках авторов настоящей публикации.

Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека МОН и НАН Украины является пионером разработки импрегнированных хемосорбентов респираторного назначения [83]. Практический интерес представляет обнаружение антибактериальной и противовирусной активности в уже существующих хемосорбционных материалах.

Нами ранее [83-89] были разработаны составы водных растворов N-содержащих оснований (гексаметилентетрамин (НМТА), моноэтанолламин (МЕА), диэтанолламин (ДЕА), триэтанолламин (ТЕА) и полиэтиленполиамин (РЕРА)) для получения импрегнированных волокнистых хемосорбентов (ИВХС) кислых газов респираторного назначения (таблица). Преимущества указанных ИВХС – применение при их изготовлении доступных и дешевых химических реагентов и носителей – тканых и нетканых ФМ из природных или/и синтетических волокон отечественного происхождения, а также стандартного оборудования [11, 84, 89, 90].

Антимикробное действие НМТА вызвано коагуляцией белков, а также повреждением структуры ДНК и РНК [91]. Этанолламины [92] и их соли [93, 94] также проявляют антибактериальную активность. Следовательно можно ожидать, что ИВХС на основе НМТА и этанолламинов (таблица) также будут обладать указанными свойствами.

Проведенные нами исследования [95-98] позволили существенно повысить динамическую активность существующих ИВХС кислых газов за счет добавления в пропиточные растворы небольшого количества промолотых-пролонгаторов, в частности глицина и EDTA, которые сами обладают антибактериальным действием [99, 100], что, вероятно, будет вызывать повышение биоцидных свойств упомянутых ИВХС.

В связи с данными, представленными в работах [101-103], разработанные нами ИВХС кислых газов (на основе комплексных соединений CuSO_4 и МЕА [104] и РЕРА [105]), а также основных газов (на основе смеси CuSO_4 с глицерином [106]) являются перспективными ФМ с дополнительными антибактериальными и противовирусными функциями (таблица).

Особое место занимают хелатирующие агенты: EDTA, ортофосфорная, оксиэтилендифосфоновая (OEDPhA) и лимонная кислоты (CitA), обладающие антимикробным действием за счет разрушения клеточной мембраны или снижения ее барьерной функции [91, 100, 107]. Нами предложено применение индивидуальных OEDPhA и CitAc при получении ИВХС основных газов [83, 108], а также аммониевых солей H_3PO_4 , OEDPhA и CitA с МЕА и РЕРА – ИВХС-амфолитов (ИВХС-А) [90, 109-112], предназначенных для улавливания кислых или/и основных газов в зависимости от условий эксплуатации (таблица).

Связывание НМТА катионами Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+} [120] приводит к увеличению антибактериального действия полученных комплексных соединений [121], которыми, вероятно, будут обладать и хемосорбенты-амфолиты на основе комплексных соединений НМТА с NiCl_2 и CoSO_4 [114-116].

Необходимо также упомянуть об ИВХС с функцией индикации «срабатывания» динамической поглотительной емкости за счет добавления в пропитывающие растворы кислотно-основных индикаторов [127-131], обладающих широким спектром антибактериального действия [132].

По нашему мнению, весьма перспективными для создания хемосорбентов кислых газов с антибактериальными (противовирусными) свойствами являются следующие соединения.

1. Хитозан – аминоксодержащий полимер природного происхождения, основание средней силы ($\text{pK}_a = 6,39 \div 6,51$ [132]), проявляющее антибактериальную активность [107].

2. Полиэтиленимин (PEI) – структурный аналог РЕРА, обладающий выраженным противовирусным и антибактериальным действием [134].

3. Аммониевые четвертичные основания как хелатирующие агенты с антибактериальными свойствами [135, 136] вследствие нарушения работы бактериальных ферментов и клеточных мембран катионами аммония [137].

4. Аминоалкансульфонокислоты – практически нетоксичные [138] потенциальные хемосорбенты-амфолиты с противовирусными и антибактериальными свойствами [139-141].

5. Красители различной природы, в том числе и порфирины, которые при облучении светом генерируют активные формы кислорода, оказывающие локальное биоцидное действие на любые бактерии и вирусы. Важной особенностью этого метода (носящего название фотодинамической инактивации) является его способность противостоять возникновению резистентности микроорганизмов к любым антибиотикам поскольку основными объектами фотодинамического воздействия являются внешние микробные структуры, такие как клеточная стенка, клеточная мембрана или вирусный капсид и оболочка [142].

Таблица

Прогнозируемая биологическая активность ИВХС, разработанных в ФХИЗОСИЧ МОН и НАН Украины

Table

Predicted biological activity of ICS, which were developed at PCIEHP of MES and NAS of Ukraine

№ п/п	Характеристика ИВХС		Прогнозируемая биологическая активность		
	Компоненты пропитки носителя	Л-ра	Тип	Тест-культура	Л-ра
1	2	3	4	5	6
Хемосорбенты кислотных газов					
1.	НМТА	[83, 85, 89]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella aerogenes</i> <i>Salmonella typhi</i>	[119] [120] [121]
2.	Этаноламины	[86, 89, 90]	Антибактериальная	<i>Salmonella typhi murium</i> , <i>Salmonella Dublin</i> , <i>Escherichia coli</i>	[121] [92]
3	МЕА-EDTA	[97]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i>	[122] [100]
4	CuSO₄-МЕА	[104]	Противовирусная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Staphylococcus faecalis</i> H9N2 A/Calif/07/09 H1N1, A/Ws/33 H1N1, A/Victoria/03/75 H3N2	[123] [124] [103]
5	МЕА-Glycine	[96]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i>	[122] [101]
6	PEPA-Glycine	[95]	Антибактериальная	-	[100]
7	PEPA-EDTA	[98]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Staphylococcus faecalis</i>	[123]

продолжение таблицы
table continuation

1	2	3	4	5	6
Хемосорбенты-амфолиты					
11	NiCl₂-MEA	[113-115]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i>	[122]
12	NiCl₂-HMTA	[115, 116]	Антибактериальная	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Morganella morganii</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Proteus vulgaris</i>	[120]
17	NiCl₂-EDA	[117, 118]	Антибактериальная		
18	OEDPhA-MEA	[110]	Антибактериальная	<i>ATCC 29212-Enterococcus faecalis</i>	[125]
19	CitrA-MEA	[111]	Антибактериальная	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i>	[122]
20	CitrA-PEPA	[112]	Антибактериальная	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	[126]
Хемосорбенты основных газов					
8	OEDPhA	[108]	Антибактериальная	<i>ATCC 29212-Enterococcus faecalis</i>	[125]
9	CuSO₄ – глицерин	[106]	Противовирусная	H9N2	[124]
10	CitrA	[83, 90]	Антибактериальная	A/Calif/07/09 H1N1, A/WS/33 H1N1, A/Victoria/03/75 H3N2	[103]
			Антибактериальная	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	[126]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, необходимо отметить, что сохраняющаяся в настоящее время сложная эпидемическая обстановка стимулирует разработку усовершенствованных СИЗОД от инфицирующих агентов различной природы. Как было показано выше, наиболее адекватной формой такой защиты являются респираторы, эффективность которых в значительной степени зависит не только от качества их дизайна и сборки, но и, главным образом, от природы и свойств ФМ, рассмотрению которых посвящен настоящий обзор. Мы полагаем, что новые высокотехнологичные multifunctional ФМ позволят достичь максимально возможной степени защиты человека как от токсичных газов и аэрозолей, так и от весьма опасных биоаэрозолей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Cheng Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan. // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395, N 10223. – P. 497-506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
2. Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R. Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G.F., Tan W. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China. // *N. Engl. J. Med.* – 2020. – Vol. 382, N 8. – P. 727–733. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>
3. Chan J.F., Yuan S., Kok K.H., To K.K., Chu H., Yang J., Xing F., Liu J., Yip C.C.-Y., Poon R.W.-S., Tsoi H.-W., Lo S.K.-F., Chan K.-H., Poon V.K.-M., Chan W.-M., Ip J.D., Cai J.-P., Cheng V.C.-C., Chen H., Hui C.K.-M., Yuen K.-Y. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395, N 10223. – P. 514–523. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30154-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30154-9)
4. Drosten C., Guenther S., Preiser W., van der Werf S., Brodt H.R., Becker S., Rabenau H., Panning M., Kolesnikova L., Fouchier R.A., Berger A., Burguère A.M., Cinatl J., Eickmann M., Escriviou N., Grywna K., Kramme S., Manuguerra J.C., Müller S., Rickerts V., Stürmer M., Vieth S., Klenk H.D., Osterhaus A.D., Schmitz H., Doerr H.W. Identification of a novel coronavirus in patients with severe acute respiratory syndrome. // *N. Engl. J. Med.* – 2003. – Vol. 348, N 20. – P. 1967–1976.
5. Zaki A.M., van Boheemen S., Bestebroer T.M., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia // *N. Engl. J. Med.* – 2012. – Vol. 367. – P. 1814–1820.
6. Walls A.C., Park Y.-J., Tortorici M.A., Wall A., McGuire A.T., Veesler D. Structure, Function, and Antigenicity of the SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein. // *Cell*. – 2020. – Vol. 180. – P. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.058>
7. Zegarra-Valdivia J., Vilca B.C., Tairo T., Munive V., Lastarria C. Neurological component in coronaviruses induced disease: systematic review of SARS-CoV, MERS-CoV, and SARS-CoV-2 // Preprint. – 2020. <https://doi.org/10.31219/osf.io/2fqtz>
8. Farzanehpour M., Karimi M.R., Rezayat P., Bolandian M., Nodoushan M.M., Ghaleh H.E.G. A Review on the Mechanisms Involved in the Immunopathogenesis of SARS-CoV-2. // *J. Mil. Med.* – 2020. – Vol. 22, N 2. – P. 147-160. <https://doi.org/10.30491/JMM.22.2.147>
9. Горенков Д.В., Хантимирова Л.М., Шевцов В.А., Рукавишников А.В., Меркулов В.А., Олефир Ю.В. Вспышка нового инфекционного заболевания COVID-19: β-коронавирусы как угроза глобальному здравоохранению. // Биопрепараты. Профилактика, диагност., лечение. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 6-20. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-6-20>
10. Прилуцкий А.С. Коронавирусная болезнь 2019. Часть 1: Характеристика коронавируса, эпидемиологические особенности. // *Вестн. эпидемиол. и гигиены*. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 77-86.
11. Каталог виготовляємих засобів індивідуального захисту. Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України уклад.: А. А. Еннан, Н. М. Абрамова, Р. Є. Хома; за заг. ред. А. А. Еннана. Одеса, 2017. 52 с.
12. Батырев В.В., Живулин Г.А. Основы индивидуальной защиты человека от опасных химических и радиоактивных веществ. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2016. – 204 с.

13. ДСТУ EN 149:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT) 01.02.2018
14. EN 14683:2005. Surgical masks – Requirements and test methods
15. ДСТУ EN 14683:2014. Маски хірургічні. Вимоги та методи випробування.
16. ГОСТ Р 58396-2019. Маски медицинские. Требования и методы испытаний
17. ASTM F2101-14. Standard Test Method For Evaluating The Bacterial Filtration Efficiency (BFE) of Medical Face Mask Materials, Using a Biological Aerosol of Staphylococcus Aureus, American National Standards Institute, New York. 2014.
18. Басманов П.И., Каминский С.Л., Коробейникова А.В., Трубицина М.Е. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справочное руководство. – СПб: ГИИП «Искусство России», 2002. – 400 с.
19. Патент України на корисну модель UA 127920. Спосіб візуалізації місць нещільного прилягання напівмасок до обличчя. Эннан А.А., Чеберячко С.І., Книш І.М., Хома Р.С., Абрамова Н.М. № u201802701; заявл. 16.03.2018; опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.
20. Honarbakhsh M., Jahangiri M., Ghaem H., Ghorbani M., Omidvari F., Khorasani M.A., Shabani F. Qualitative Fit Testing of Medium – Size N95/FFP2 Respirators on Iranian Health Care Workers // Health Scope. – 2018. – Vol. 7, N 4. <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.62884>
21. *Bioaerosols*. Handbook / Ed. C.S. Cox, C.M. Waters. Boca Raton, London, Tokyo: CRC Press, Lewis Publ., 1995. – 621 p.
22. Grinshpun S. Biological Aerosols. In book: *Aerosols // Science and Technology*. – 2010. – Wiley-Vch. – P. 379-406. <https://doi.org/10.1002/9783527630134.ch13>
23. Голубкова А.А., Сисин Е.И. Маски и респираторы в медицине: выбор и использование. – 2011. – 32 с.
24. Чекман И.С., Сырочая А.О., Андреева С.В., Макаров В.А. Аэрозоли – дисперсные системы: Монография. – Харьков: Цифрова друкарня №1, 2013. – 100 с.
25. Chan K.H., Malik Peiris J.S., Lam S.Y., Poon L.L.M., Yuen K.Y., Seto W.H. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus // *Adv. Virology*. – 2011. – Vol. 2011. – P. 1-7. Article ID 734690. <https://doi.org/10.1155/2011/734690>
26. Pabst G., Hodzic A., Strancar J., Danner S., Rappolt M., Laggner P. Rigidification of Neutral Lipid Bilayers in the Presence of Salts // *Biophys. J.* – 2007. – Vol. 93, N 8. – P. 2688-2696. <https://doi.org/10.1529/biophysj.107.112615>
27. Yang W., Marr L.C. Mechanisms by which ambient humidity may affect viruses in aerosols. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2012. – Vol. 78. – P. 6781–6788. <https://doi.org/10.1128/AEM.01658-12>
28. Vejerano E.P., Marr L.C. Physico-chemical characteristics of evaporating respiratory fluid droplets // *J. Royal Soc. Interface*. – 2018. – Vol. 15, N 139. – AN 20170939. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0939>
29. Haddrell A.E., Thomas R.J. Aerobiology: Experimental Considerations, Observations, and Future Tools. // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2017. – Vol. 83, N 17. – e00809-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.00809-17>
30. Kampf G., Todt D., Pfaender S., Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents // *J. Hosp. Infect.* – 2020. – Vol. 104, N 3. – P. 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>
31. Rengasamy A., Zhuang Z., BerryAnn R. Respiratory protection against bioaerosols: Literature review and research needs // *Am. J. Infect. Control.* – 2004. – Vol. 32, N 6. – P. 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2004.04.199>
32. Шмелькова Т.П., Сазанова Е.В., Кравцов А.Л., Малюкова Т.А., Попов Ю.А., Бойко А.В., Девдариани З.Л., Щуковская Т.Н. Определение вирулентных свойств патогенных микроорганизмов *in vitro*: состояние вопроса // *Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол.* – 2016. – № 6. – С. 100–108. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2016-6-100-108>
33. Tang J.W., Nicolle A.D., Klettner C.A., Pantelic J., Wang L., Suhaimi A.B., Tan A.Y.L., Ong G.W.X., Su R., Sekhar C., Cheong D.D.W., Tham K.W. Airflow Dynamics of Human Jets: Sneezing and Breathing – Potential Sources of Infectious Aerosols. // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8, N 4. – e59970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059970>
34. Bourouiba L., Dehandschoewercker E., Bush J.W.M. Violent expiratory events: on coughing and sneezing. // *J. Fluid Mech.* – 2014. – Vol. 745. – P. 537–563. <https://doi.org/10.1017/jfm.2014.88>
35. Василяк Л.М. Физические методы дезинфекции (обзор) // *Успехи прикл. физики*. – 2018. – Т. 6, № 1. – С. 5-17.
36. Jeong S.B., Ko H.S., Seo S.C., Jung J.H. Evaluation of filtration characteristics and microbial recovery rates of commercial filtering facepiece respirators against airborne bacterial particles. // *Sci. Total Environ.* – 2019. – Vol. 682. – P. 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.153>

37. Rao Y, Li H., Shen S., Yang Q., Zhang G., Zhang X., Li M., Duan S. Water vapor condensation on the inner surface of an N95 filtering facepiece respirator // *Heat Transfer Res.* – 2019. – Vol. 50, N 3. – P. 217-231. <https://doi.org/10.1615/heattransres.2018025255>
38. Chughtai A.A., Seale H., MacIntyre C.R. Availability, consistency and evidence-base of policies and guidelines on the use of mask and respirator to protect hospital health care workers: a global analysis // *BMC Res. Notes.* – 2013. – Vol. 6, N 1. – AN 216. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-6-216>
39. Jafari A.J., Rostami R., Ghainy G. Advance in Bioaerosol Removal Technologies. A Review. // *Iranian J. Health, Saf. Environ.* – 2017. – Vol. 5, N 2. – P. 1007-1016.
40. Жмыхов И.Н., Гальбрайт Л.С., Акулич А.В., Щербина Л.А., Сорокин Ф.А. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 592 с.
41. Букина Ю.А., Сергеева Е.А. Препараты для придания волокнистым текстильным материалам антибактериальных свойств // *Вестн. Казан. технол. у-та.* – 2013. – Т. 16, № 17. – С. 163-165.
42. Goldade V., Vinidiktova N. Antimicrobial fibers for textile clothing and medicine: Current state. // *ISJ Theor. Appl. Sci.* – 2017. – Vol. 47, N 3. – P. 178-194. <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2017.03.47.27>
43. Chen Z., Sun Y. Antimicrobial polymers containing melamine derivatives. II. Biocidal polymers derived from 2-vinyl-4,6-diamino-1,3,5-triazine. // *J. Polymer Sci. A: Polymer Chem.* – 2005. – Vol. 43, N 18. – P. 4089–4098. <https://doi.org/10.1002/pola.20906>
44. Tiller J.C., Lee S.B., Lewis K., Klivanov A.M. Polymer surfaces derivatized with poly(vinyl-N-hexylpyridinium) kill airborne and waterborne bacteria. // *Biotechnol. Bioeng.* – 2002. – Vol. 79. – P. 465–471. <https://doi.org/10.1002/bit.10299>
45. Lin J., Tiller J.C., Lee S. B., Lewis K., Klivanov A.M. Insights into bactericidal action of surface-attached poly(vinyl-N-hexylpyridinium) chains // *Biotechnol. Lett.* – 2002. – Vol. 24, N 10. – P. 801–805. <https://doi.org/10.1023/A:1015584423358>
46. Pasquier N., Keul H., Heine E., Moeller M. From Multifunctionalized Poly(ethylene imine)s toward Antimicrobial Coatings // *Biomacromol.* – 2007. – Vol. 8, N 9. – P. 2874-2882. <https://doi.org/10.1021/bm070353r>
47. Черновьянц М.С., Бурыйкин И.В., Писанов Р.В., Шалу О.А. Синтез и противомикробная активность поли(N-метил-4-винилпиридиния трииодида) // *Хим.-фарм. журнал.* – 2010. – Т. 44, № 2. – С. 13-15. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2010-44-2-13-15>
48. Kenawy E.-R., Abdel-Hay F.I., Shahada L., El-Shanshoury A.E.-R. R., El-Newehy M.H. Biologically active polymers. IV. Synthesis and antimicrobial activity of tartaric acid polyamides. // *J. Appl. Polymer Sci.* – 2006. – Vol. 102, N 5. – P. 4780–4790. <https://doi.org/10.1002/app.24126>
49. Bozja J., Sherrill J., Michielsen S., Stojiljkovic I. Porphyrin-based, light-activated antimicrobial materials // *J. Pol. Sci. A: Polym. Chem.* – 2003. – Vol. 41, N 15. – P. 2297-2303. <https://doi.org/10.1002/pola.10773>
50. Луишакон О., Хејна О., Соловьев А., Калачыова Y., Сворчик V. Polymethylmethacrylate doped with porphyrin and silver nanoparticles as light-activated antimicrobial material // *RSC Adv.* – 2014. – Vol. 4, N 92. – P. 50624-50630. <https://doi.org/10.1039/c4ra08385g>
51. Кононенко А.Б., Банникова Д.А., Савинова Е.П., Олхов А.А., Лобанов А.В. Бактерицидные свойства волокнистого материала на основе полигидроксibuтирата и железо(III)-порфиринов // *Рос. журн. пробл. ветерин. сан., гигиены и экол.* – 2017. – № 4. – С. 83-88.
52. Patel S.A., Patel M.V., Ray A., Patel R.M. Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of some novel poly(ether ketone)s // *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* – 2003. – Vol. 41. – P. 2335–2344.
53. Стельмах С.А., Гаркушева Н.М., Ощиров О.С., Григорьева М.Н., Стельмах А.Е., Батоев В.Б., Могнонов Д.М. Синтез N-октил и N-фенилзамещенных (co)полимеров полиалкилгуанидинового ряда и их антимикробная активность по отношению к условно-патогенным микроорганизмам. // *Химия в интересах устойчив. развития.* – 2016. – № 6. – С. 795-803. <https://doi.org/10.15372/KhUR20160610>
54. Kenawy E.-R., Worley S. D., Broughton R. The Chemistry and Applications of Antimicrobial Polymers: A State-of-the-Art Review. // *Biomacromol.* – 2007. – Vol 8, N 5. – P. 1359–1384. <https://doi.org/10.1021/bm061150q>
55. Фомин П.А., Лейкин Ю.А., Черкасова Т.А. Исследование бактерицидных ионообменных сорбентов // *Успехи в химии и хим. технол.* – 2008. – Т. 22, № 13. – С. 10-14.
56. Дубкова В.И., Соловский М.В., Смирнова М.Ю., Панарин Е.Ф., Крутько Н.П., Маевская О.И., Белясова Н.А. Полимерно-композиционные целлюлозные и углеволокнистые материалы с антимикробной активностью // *Вестн НАН Беларусі. Серія мед. навук.* – 2012. – № 3. – С. 97 – 103.
57. Полякова И.В. Закономерности межмолекулярного взаимодействия в системе антибактериальный антибиотик эритромицин — полимерные сорбенты. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 030.00.02. Санкт-Петербург, 2004. – 24 с.
58. Писарев О.А., Ежова Н.М., Гаркушина И.С. Взаимодействие эритромицина с полимерными сорбентами, «настроенными» на молекулу антибиотика // *Журн. физ. химии.* – 2009. – Т. 83, № 1. – С. 142-146.

59. *Торопін В.М., Кременчуцький Г.М., Бурмістров К.С., Шункевич О.А., Полікарнов О.П.* Синтез та антибактеріальні властивості 4-амінофенілсульфонаміду, іммобілізованого на полімерному носії // Фармацевтичний часопис. – 2017. – № 1. – С. 5-10. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2017.1.7525>
60. *Vigo T.L.* Advances in Antimicrobial Polymers and Materials. In Book *Biotechnology and Bioactive Polymers*. Ed. by C.G. Gebelein, C.E. Carraher. Springer: New York, 1994. – P. 225-237.
61. *Patel M.V., Patel S.A., Ray A., Patel R.M.* Antimicrobial activity on the copolymers of 2,4-dichlorophenyl methacrylate with methyl methacrylate: Synthesis and characterization. // *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* – 2004. – Vol. 42, N 20. – P. 5227–5234. <https://doi.org/10.1002/pola.20348>
62. *Piozzi A., Francolini I.* Biomimetic Polyurethanes. In book: *Polymeric Materials with Antimicrobial Activity: From Synthesis to Applications*. Ed. by A. Muñoz-Bonilla, M. Cerrada, M. Fernández-García. RSC: Cambridge, 2014. – P. 224-278. <https://doi.org/10.1039/9781782624998-00224>
63. *Ren X., Kou L., Kocer H.B., Zhu C., Worley S.D., Broughton R.M., Huang T.S.* Antimicrobial coating of an N-halamine biocidal monomer on cotton fibers via admicellar polymerization. // *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects.* – 2008. – Vol. 317, N 1-3. – P. 711–716. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.12.007>
64. *Соколовский М.В., Смирнова М.Ю., Тарабукина Е.Б., Захарова Н.В.* Синтез сополимеров акриламида с гидрохлоридом 3-аминоэтилметакрилата – носителей биологически активных веществ // *Журн. общей химии.* – 2012. – Т. 82, № 10. – С. 1650–1655.
65. *Хорев А.В.* Придание полиэфирным материалам дезодорирующих и антимикробных свойств с использованием поверхностного модифицирования волокна. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.19.02. Иваново, 2010. – 16 с.
66. *Роговин З.А., Гальбрайт Л.С.* Химические превращения и модификация целлюлозы. – М.: Химия, 1979. – 205 с.
67. *Вирник А.Д.* Антимикробные целлюлозные волокнистые материалы // *Итоги науки и техники. Химия и технология высокомолекулярных соединений.* – М., 1986. – Т. 21. – С. 35–96.
68. *Морыганов П.А., Галашина В.Н., Дымникова Н.С.* Исследование сорбционно-десорбционных процессов в модифицированных целлюлозных материалах // *Известия ВУЗов. Химия и хим. технол.* – 2007. – Т. 50, № 3. – С. 48-52.
69. *Барышева Н.В.* Разработка основ ферментативной технологии отварки хлопчатобумажных тканей. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.19.02. – М., 2006. – 17 с.
70. *Белова А.В., Юданова Т.Н., Гальбрайт Л.С.* Получение биологически активных целлюлозных волокон, модифицированных обработкой Ксибетеном-Цел // *Химия растит. сырья.* – 2010. – № 4. – С. 11–15.
71. *Patent US6235302.* Int.Cl. A01N 25/34; A61 K9/70; A61 K9/52. Biocide impregnated fiber-reinforced sponge material. Means L., Hammer K.-D. Publ. 22.05.2001
72. *Буркитбай А., Кутжанова А.Ж., Таусарова Б.Р.* Разработка новой композиции для антимикробной отделки целлюлозного текстильного материала // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук.* – 2010. – № 12. – С. 20-23.
73. *Соловский М.В., Дубкова В.И., Крутько Н.П., Панарин Е.Ф., Смирнова М.Ю., Белясова Н.А., Маевская О.И.* Антимикробная активность углеволокнистых тканей, модифицированных полимерным комплексом антибиотика гентамицина // *Приклад. биохимия и микробиол.* – 2009. – Т. 45, № 2. – С. 248-251.
74. *Соловский М.В., Еропкин М.Ю., Еропкина Е.М., Смирнова М.Ю., Гаврилова И.И.* Комплексы антибиотиков-аминогликозидов с сополимерами акриламида с акриловой и с метакриловой кислотами // *Хим.-фарм. журн.* – 2010. – Т. 44, № 6. – С. 28-32. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2010-44-6-28-32>
75. *Смирнова М.Ю.* Функциональные полимеры на основе акриламида, N-(2-гидроксипропил)метакриламида, их комплексы и конъюгаты с антибиотиками. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. 02.00.06. Санкт-Петербург, 2014. – 22 с.
76. *Гаркушина И.С.* Межмолекулярные взаимодействия в системе «антибактериальный антибиотик эритромицин молекулярно импринтированные полимерные сорбенты». Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 03.01.02. Санкт-Петербург, 2010. – 26 с.
77. *Седов А.В., Гончаров С.Ф., Капцов В.А., Иванов А.А.* Применение изделий из антимикробных текстильных материалов в медицине. – М.: ООО Фирма «РЕИНФОР», 2005. – 284 с.
78. *Бузов Б.А., Мишаков В.Ю., Макарова Н.А., Замета Б.В.* Разработка и исследование антимикробных медицинских материалов на нетканых носителях // *Перспективные материалы.* – 2004. – № 4. – С. 58-63.
79. *Макарова Н.А., Бузов Б.А., Мишаков В.Ю.* Антимикробное нетканое полотно, обработанное препаратом катамин АБ + йодистый калий. // *Техн. текстиль.* – 2003. – № 5. – С. 29-31.
80. *Таусарова Б.Р., Рахимова С.М.* Целлюлозные текстильные материалы с антибактериальными свойствами, модифицированные наночастицами меди // *Химия растит. сырья.* – 2018. – № 1. – С. 163–169. <https://doi.org/10.14258/jcpr.2018012190>

81. *Городничева Н.А.* Изучение возможности практического применения полиэфирных антимикробных волокон для изготовления текстильных материалов, обладающих биологической активностью // Вестн. ВГТУ. – 2009. – № 16. – С. 17-20.
82. *Городничева Н.А.* Биологически активные волокнистые материалы с содержанием антимикробных полиэфирных волокон // Вестн. ВГТУ. – 2011. – № 21. – С. 41-46.
83. *Эннан А.А., Байденко В.И., Захаренко Ю.С., Гальбрайт Л.С., Лишевская М.О., Захаренко В.Н.* Импрегнированные сорбционноактивные волокнистые материалы. // Тр. 1-й Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в свароч. производстве» (г. Одесса, 11-13 сентября 2002 г.). – Одесса: Астропринт, 2002. – С. 218-230.
84. *Эннан А.А., Байденко В.И.* Сорбционно фильтрующие волокнистые иониты для индивидуальной противогазовой защиты (Обзор). // Экотехн. и ресурсосбережение. – 2004. – № 5. – С. 43-54.
85. *Патент* України на корисну модель UA 43409 МПК В 01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу. / Эннан А.А.-А., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М., Чететов М.О. – № u200903898; заявл. 21.04.2009, опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.
86. *Патент* України на корисну модель UA73387, МПК В01D 39/16 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А.-А., Хома Р.С., Шевцова Н.І., Короєва Л.В., Гельмбольдт В.О. – № u201201951; заявл. 21.02.2012; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18.
87. *Патент* України на корисну модель UA85878, МПК В01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу. Эннан А.А.-А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.Н. № u201304341; заявл. 08.04.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.
88. *Эннан А.А., Длубовский Р.М., Абрамова Н.Н., Хома Р.Е.* Хемосорбция оксида серы (IV) волокнистыми материалами, импрегнированными полиэтиленполиамином. 2. Изучение влияния преадсорбции паров воды на хемосорбцию SO₂ волокнистыми материалами. // Вісник ОНУ. Хімія. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 20-30. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40356](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40356)
89. *Эннан А.А.-А., Хома Р.С.* Импрегнированные волокнистые хемосорбенты кислых газов респираторного назначения. // Вісник ОНУ. Хімія. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53-68. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2017.4\(64\).115924](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2017.4(64).115924)
90. *Эннан А.А.-А., Хома Р.С., Грідяєв В.В.* Импрегнированные волокнистые хемосорбенты оксиду серы (IV) и/или аммиака респираторного назначения. // V Міжн. наук.-практ. конф. «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика». – Херсон. 13-15 вересня 2018. – С. 65-69.
91. *Анурова М.Н., Бахрушина Е.О., Демина Н.Б., Пантелеева Е.С.* Обзор современных стабилизаторов микробиологической устойчивости // Хим-фарм. журн. – 2019. – Т. 53, № 6. – С. 79-86. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-6-54-61>
92. *Bakalova S., Mincheva V., Doycheva A., Groudeva V., Dimkov R.* Microbial Toxicity of Ethanolamines. // Biotechnol. Biotechnol. Equip. – 2008. – Vol 22, N 2. – P. 716–720. <https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817540>
93. *Ismail Hossain M., El-Harabawi M., Noaman Y.A., Bustam M.A.B., Alitheen N.B.M., Affandi N.A., Hefter G., Yin C.-Y.* Synthesis and anti-microbial activity of hydroxylammonium ionic liquids. Chemosphere. – 2011. – Vol. 84, N 1. – P. 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.048>
94. *Petrović Z.D., Čomić L., Stefanović O., Simijonović D., Petrović V.P.* Antimicrobial activity of the ionic liquids triethanolamine acetate and diethanolamine chloride, and their corresponding Pd(II) complexes. // J. Mol. Liq. – 2012. – Vol. 170. – P. 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2012.03.009>
95. *Патент* України на корисну модель UA113021, МПК В01D 39/00. Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201606322; заявл. 10.06.16, опубл. 10.01.17, Бюл. № 1.
96. *Патент* України на корисну модель UA115533, МПК В01D39/00. Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А., Хома Р.С., Галак А.В., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201608800; заявл. 15.08.16, опубл. 25.04.17, Бюл. № 8.
97. *Заявка* на патент України на корисну модель. МПК В01D 39/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Эннан А.А., Хома Р.С., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. – № u201704020. Заявл. 24.04.2017.
98. *Патент* України на корисну модель UA121424, МПК В01D 39/00, D06M 13/00, C07C 229/16 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А.-А. Хома Р.С., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. – № u201704528; заявл. 10.05.17, опубл. 11.12.17, Бюл. № 23.
99. *Minami M., Ando T., Hashikawa S.-n., Torii K., Hasegawa T., Israel D.A., Ina K., Kusugami K., Goto H., Ohta M.* Effect of Glycine on Helicobacter pylori In Vitro. // Antimicrob. Agents Chemother. – 2004. – Vol. 48, N 10. – P. 3782–3788. <https://doi.org/10.1128/AAC.48.10.3782-3788.2004>

100. *Finnegan S., Percival S.L.* EDTA: An Antimicrobial and Antibiofilm Agent for Use in Wound Care // *Adv. Wound Care.* – 2015. – Vol. 4, N 7. – P. 415–421. <https://doi.org/10.1089/wound.2014.0577>
101. *Thurman R.B., Gerba C.P., Bitton G.* The molecular mechanisms of copper and silver ion disinfection of bacteria and viruses. // *Crit. Rev. Env. Control.* // 1989. – Vol. 18, N 4. – P. 295-315
102. *Vincent M., Hartemann P., Engels-Deutsch M.* Antimicrobial applications of copper. // *Int. J. Hyg. Env. Health.* – 2016. – Vol. 219, N 7. – P. 585–591. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.06.003>
103. *Gordon N.A., McGuire K.L., Wallentine S.K., Mohl G.A., Lynch J.D., Harrison R.G., Busath D.D.* Divalent copper complexes as influenza A M2. // *Antiviral Res.* – 2017. – Vol. 147. – P. 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2017.10.009>
104. *Патент* України на корисну модель UA 113022, МПК C09K 21/10, B01D 39/00, D06M 11/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201606322; заявл. 10.06.2016, опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
105. *Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовский Р.М., Гридяев В.В., Михайлова Т.В.* Волокнистый хемосорбент оксида серы (IV) на основе комплексных соединений сульфата меди (II) с полиэтиленполиамином. // *Вісник ОНУ. Хімія.* – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 95-105. [http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2\(66\).132053](http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2(66).132053)
106. *Патент* України на корисну модель UA121423, МПК B01D 39/00, C09K 21/00, D06M 11/00, D06M 13/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201704527; заявл. 10.05.17, опубл. 11.12.17, Бюл. № 23.
107. *Куликов С.Н., Тюрин Ю.А., Фассахов Р.С., Варламов В.П.* Антибактериальная и противогрибная активности хитозана: механизмы действия и роль структуры // *Журн. микробиол., эпидемиологии и иммунобиол.* – 2009. – № 5. – С. 91-97.
108. *Патент* України на корисну модель UA127588, МПК B01D 309/00. Склад для просочування фільтруючого матеріалу. / Эннан А. А.-А., Хома Р.Е., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. – № u201802705; заявл. 16.03.18, опубл. 10.08.18, Бюл. № 15.
109. *Патент* України на корисну модель UA115534, МПК B01D 39/00. Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту Эннан А.А., Хома Р.Е., Галак А.В., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. – № u201608804; заявл. 15.08.16, опубл. 25.04.17, Бюл. № 8.
110. *Патент* України на корисну модель UA129785, МПК B01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу / Эннан А.А., Хома Р.Е., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М., Гридяев В.В. – № u201805458; заявл. 16.05.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.
111. *Патент* України на корисну модель UA 124684, МПК B01D 39/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту. / Эннан А.А., Хома Р.Е., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. – № u201707156; заявл. 07.07.2017, опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8.
112. *Патент* України на корисну модель UA 139054. МПК B01D 37/02, B01D 39/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Захаренко Ю.С., Абрамова Н.М. № u201902877; заявл. 22.03.2019; опубл. 26.12.2019, Бюл. № 24.
113. *Патент* України на корисну модель заявка UA96010, МПК B01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу. / Эннан А.А.-А., Длубовський Р.М., Хома Р.Е., Абрамова Н.М., Наумчак В.А. – № u201409000; заявл. 11.08.2014, опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.
114. *Хома Р.Е., Эннан А.А., Длубовский Р.М., Абрамова Н.Н.* Волокнистый хемосорбент оксида серы (IV) и аммиака на основе комплексных соединений хлорида никеля(II) с моноэтанололамином. // *Вісник ОНУ. Хімія.* – 2016. – Т. 21, № 1. – С. 92-101. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2016.1\(57\).67515](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2016.1(57).67515)
115. *Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Манжос А.А.* Хемосорбенти-амфоліти на основі комплексних сполук 3d-металів із N-вмісними органічними основами. // VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика». – Херсон. 11-14 вересня 2019. – С. 129-132.
116. *Патент* України на корисну модель UA 107184, МПК B01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого волокнистого матеріалу. / Эннан А.А.-А., Хома Р.Е., Абрамова Н.М., Длубовський Р.М., Гусельникова Н.О. – № u201511537; заявл. 23.11.2015; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10.
117. *Патент* України на корисну модель UA 139792 МПК B01D 39/00, D06M 13/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Эннан А.А., Хома Р.Е., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Захаренко Ю.С. – № u201905991; заявл. 30.05.2019; опубл. 27.01.2020. Бюл. № 2.
118. *Эннан А.А., Хома Р.Е., Длубовский Р.М., Абрамова Н.Н., Михайлова Т.В.* Волокнистый хемосорбент – амфолит на основе комплексного соединения хлорида никеля (II) с этилендиамином. // *Вісник ОНУ. Хімія.* – 2019. – Т. 24, № 3. – С. 90-102. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2019.3\(71\).177739](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2019.3(71).177739)
119. *Greenwood D., Slack R.C.B.* The antibacterial activity of hexamine (methenamine), hexamine hippurate and hexamine mandelate // *Infection.* – 1981. – Vol. 9. – P. 223–227.

120. *Agwara M.O., Yufanyi M.D., Foba-Tendo J.N., Atamba M.A., Ndinteh D.T.* Synthesis, characterisation and biological activities of Mn(II), Co(II) and Ni(II) complexes of hexamethylenetetramine // *J. Chem. Pharm. Res.* – 2011. – Vol. 3, N 3. – P. 196-204.
121. *Арзыбаев М., Иманалиев М.И., Алтыбаева Д.Т., Токтомаатов Т.А.* Токсические свойства и антибактериальная активность соединений гексаметилентетрамина // *Ветеринарная патология.* – 2003. – № 3. – С. 85-87.
122. *Zardini H.Z., Davarpanah M., Shanbedi M., Amiri A., Maghrebi M., Ebrahimi L.* Microbial toxicity of ethanalamines-Multiwalled carbon nanotubes. // *J. Biomed. Mater. Res. A.* – 2013. – Vol. 102, N 6. – P. 1774–1781. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.34846>
123. *Дмитриева Н.А., Кречина Е.К., Ярыгина Л.Б., Ефремова Н.В.* Сравнительное изучение антимикробной активности препаратов, использующихся для антисептической обработки корневых каналов зубов. // *Стоматология.* – 2013. – Т. 92, № 5. – С. 9-11.
124. *Horie M., Ogawa H., Yoshida Y., Yamada K., Hara A., Ozawa K., Matsuda S., Mizota C., Tani M., Yamamoto Y., Yamada M., Nakamura K., Imai K.* Inactivation and morphological changes of avian influenza virus by copper ions. // *Arch. Virol.* – 2008. – Vol. 153. – An 1467. <https://doi.org/10.1007/s00705-008-0154-2>
125. *Komal N., Sujatha I., Jayalakshmi K.B., Arul S.K., Prasannalatha N.* Comparative Evaluation Of Antimicrobial Activity Of Different Root Canal Irrigants With Or Without The Addition Of Etidronic Acid // *World J. Adv. Sci. Res.* – 2019. – Vol. 2, N 5. – P. 1-11.
126. *Bischof Vukušić S., Flinčec Grgac S., Budimir A., Kalenić S.* Cotton textiles modified with citric acid as efficient anti-bacterial agent for prevention of nosocomial infections. // *Croatian Med. J.* – 2011. – Vol. 52, N 1. – P. 68–75. <https://doi.org/10.3325/cmj.2011.52.68>
127. *Патент* України на винахід UA 116964, МПК D 06M 13/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Еннан А.А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № a201707157; заявл. 07.07.2017, опубл. 25.05.2018, Бюл. №10.
128. *Патент* України на винахід UA 112848, МПК B01D 39/00 Склад для просочування фільтруючого матеріалу. / Еннан А.А.-А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Березовська Т.І. – № a201305812; заявл. 07.05.2013; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.
129. *Патент* України на корисну модель UA 133694, МПК B01D 39/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту. / Еннан А.А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201808221; заявл. 25.07.2018, опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.
130. *Патент* України на корисну модель UA 135209 МПК B01D 39/00. Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Еннан А.А., Хома Р.С., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М., Грідяєв В.В. – № u201812907; заявл. 26.12.2018, опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12.
131. *Патент* України на корисну модель UA 142208. МПК B01D 39/00, D06M 13/00 Просочуючий склад для одержання хемосорбенту-амфоліту / Хома Р.С., Еннан А.А., Длубовський Р.М., Абрамова Н.М. – № u201910436; заявл. 17.10.2019, опубл. 25.05.2020, Бюл. № 10.
132. *Кузнецов Д.Н., Кобраков К.И., Ручкина А.Г., Станкевич Г.С.* Биологически активные синтетические органические красители // *Изв. ВУЗов. Химия и хим. технол.* – 2017. – Т. 60, № 1. – С. 4-33. <https://doi.org/10.6060/tcct.2017601.5423>
133. *Wang Q.Z., Chen X.G., Liu N., Wang S.X., Liu C.S., Meng X.H., Liu C.G.* Protonation constants of chitosan with different molecular weight and degree of deacetylation. // *Carbohydr. Polym.* – 2006. – Vol. 65, N 2. – P. 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.01.001>
134. *Haldar J., Weight A.K., Klivanov A.M.* Preparation, application and testing of permanent antibacterial and antiviral coatings // *Nature Prot.* – 2007. – Vol. 2, N 10. – P. 2412–2417. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.353>
135. *Rajkowska K., Koziróg A., Otlewska A., Piotrowska M., Nowicka-Krawczyk P., Brycki B., Kunicka-Styczyńska A., Gutarowska B.* Quaternary ammonium biocides as antimicrobial agents protecting historical wood and brick. // *Acta Biochim. Pol.* – 2015. – Vol. 63, N 1. – P. 153–159. https://doi.org/10.18388/abp.2015_1134
136. *Tischer M., Pradel G., Ohlsen K., Holzgrabe U.* Quaternary Ammonium Salts and Their Antimicrobial Potential: Targets or Nonspecific Interactions? // *Chem. Med. Chem.* – 2011. – Vol. 7, N 1. – P. 22–31. <https://doi.org/10.1002/cmcd.201100404>
137. *Jiao Y., Niu L., Ma S., Li J., Tay F.R., Chen J.* Quaternary ammonium-based biomedical materials: State-of-the-art, toxicological aspects and antimicrobial resistance. // *Progr. Polym. Sci.* – 2017. – Vol. 71. – P. 53–90. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.03.001>
138. *Khoma R.E., Baumer V.N., Ennan A.A., Antonenko P.B., Godovan V.V., Dlubovskiy R.M.* Synthesis, crystal structure, and spectral characteristics of N-(n-propyl)aminomethanesulfonic acid. Acute toxicity of aminomethanesulfonic acid and its N-alkylated derivatives. // *Питання хімії та хімічн. технол.* – 2019. – № 6. – С. 255-262. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-127-6-255-262>

139. Гридіна Т.Л., Хома Р.С., Эннан А.А.-А., Федчук А.С., Грузевський О.А. Дослідження протимікробної активності амінометансульфонокислот щодо штамів *Staphylococcus aureus* із різним рівнем чутливості до антибіотиків. // Запорозький мед. журн. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 234-239. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2019.2.161502>
140. Хома Р.Е., Эннан А.А., Гридіна Т.Л., Федчук А.С., Лозицкий В.П., Ракипов И.М., Владыка А.С. Синтез, антиоксидантная и противогриппозная активность аминметансульфонокислот // Хим.-фарм. журн. – 2019. – Т. 53, № 5. – С. 65-68. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-5-28-31>
141. Хома Р.Е., Эннан А.А.-А., Чеботарев А.Н., Водзинский С.В. Аминметансульфонатная и алкиламинометансульфонатные буферные системы. // Укр. хім. журн. – 2019. – Т. 85, № 9. – С. 3-16. <https://doi.org/10.33609/0041-6045.85.9.2019.3-16>
142. Almeida A., Cunha A., Faustino M.A.F., Tomé A.C., Neves M.G.P.M.S. Porphyrins as antimicrobial photosensitizing agents. In Photodynamic Inactivation of Microbial Pathogens: Medical and Environmental Applications. Hamblin M.R., Jori G., Eds.; Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK, 2011. – P. 83–160.

Стаття надійшла до редакції 16.08.2020

А. А.-А. Эннан¹, Р. Е. Хома^{1,2}, Р. М. Длубовський¹,
Н. М. Абрамова¹, С. В. Водзинський^{1,2}

¹Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України, вул. Преображенська 3, Одеса, 65082, Україна;
e-mail: eskvar@ukr.net

²Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082; email: rek@onu.edu.ua

АНТИМІКРОБНІ І ПРОТИВІРУСНІ МАТЕРІАЛИ РЕСПІРАТОРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Огляд присвячений питанням, що стосуються проблем вибору фільтруючих матеріалів для виготовлення засобів індивідуального захисту органів дихання населення, медичного персоналу в період пандемій. Охарактеризовані біологічні аерозолі, умови їх утворення та способи уловлювання. Час збереження вірулентної активності мікроорганізмів залежить від їх біологічних властивостей, вологості та температури повітря, рН і сольового складу крапельних аерозолей, а також фізико-хімічних властивостей матеріалів, поверхнею, якою вони сорбовані. Описано основні методи (хімічна і біокаталітична модифікація, апретування та імпрегнування) додання антибактеріальних і віруліцидних властивостей фільтруючим матеріалами з застосуванням біоцидів, а також вимоги, що пред'являються до них.

У зв'язку з триваючим спалахом нової коронавірусної інфекції у світі, визнаною ВООЗ пандемією, практичний інтерес представляє надання перспективної біопротекції проти збудників інфекційних захворювань за рахунок включення біоцидних агентів в фільтруючі матеріали респіраторного призначення та виявлення антибактеріальної і противірусної активності в уже існуючих хемосорбційних матеріалах. На основі проведеного аналізу літературних даних зазначено, що розроблені авторами огляду імпрегновані волокнисті хемосорбенти на основі біоцидів: N-вмісних органічних основ (гексаметилентетраміну, етаноламінів), гліцину, хелатуючих агентів (EDTA, ортофосфорної, оксинетилідендифосфонові та лимонної кислот), комплексних сполук міді (II), нікелю (II) і кобальту (II), а також кислотно-основних індикаторів – повинні мати додаткові антибактеріальні і противірусні функції. Для створення хемосорбентів з біоцидними властивостями перспективними є хітозан, поліетиленімін, амонієві четвертинні основи, аміноалкансульфонокислоти і барвники різної природи, в тому числі і порфірини.

Ключові слова: фільтруючі матеріали, антибактеріальна і противірусна функції, біоаерозолі.

A. A. Ennan¹, R. E. Khoma^{1,2}, R. M. Dlubovskii¹,

N. N. Abramova¹, S. V. Vodzinskiy^{1,2}

¹Physico-Chemical Institute of Environment and Human Protection,
Preobrazhenskaya str., 3, Odessa, 65082, Ukraine; eksvar@ukr.net

²Odessa I.I. Mechnikov National University, Dvoryankaya str., 2,
Odessa, 65082, Ukraine; rek@onu.edu.ua

ANTIMICROBIAL AND ANTIVIRAL RESPIRATORY MATERIALS

The review is devoted to issues related to the selection of filter materials for the manufacturing of personal respiratory protection for the population, medical personnel during a pandemic. Biological aerosols, conditions of their formation and methods of capturing are characterized. The time of preservation of the virulent activity of microorganisms depends on their biological properties, air humidity and temperature, pH and salt composition of droplet aerosols, as well as physicochemical properties of sorbents. The main methods (chemical and biocatalytic modification, dressing and impregnation) of imparting antibacterial and virucidal properties to filter materials by biocides using, as well as the requirements for them are described. Because of the ongoing outbreak of a new coronavirus infection in the world, recognized by the WHO as a pandemic, it is of practical interest to provide promising bioprotection against pathogens of infectious diseases by including biocidal agents in filtering materials for respiratory purposes and identifying antibacterial and antiviral activity in existing chemisorption materials. Based on the analysis of the literature data, it was noted that the impregnated fibrous chemisorbents developed by the authors of the review based on biocides: N-containing organic bases (hexamethylenetetramine, ethanolamines); glycine; chelating agents (EDTA, phosphoric, hydroxyethylidenediphosphonic and citric acids); copper (II), nickel (II) and cobalt (II) complexes; acid-base indicators – should have additional antibacterial and antiviral functions. Chitosan, polyethyleneimine, ammonium quaternary bases, aminoalkanesulfonic acids, and dyes of various natures, including porphyrins, are promising for the creation of chemisorbents with biocidal properties.

Key words: filtering materials, antibacterial and antiviral functions, bioaerosols.

REFERENCES

1. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Cheng Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. *Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan*. *Lancet.*, 2020, vol. 395, no 10223, pp. 497-506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
2. Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R. Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G.F., Tan W. *A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China*. *N. Engl. J. Med.*, 2020, vol. 382, no 8, pp. 727–733. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>
3. Chan J.F., Yuan S., Kok K.H., To K.K., Chu H., Yang J., Xing F., Liu J., Yip C.C.-Y., Poon R.W.-S., Tsoi H.-W., Lo S.K.-F., Chan K.-H., Poon V.K.-M., Chan W.-M., Ip J.D., Cai J.-P., Cheng V.C.-C., Chen H., Hui C.K.-M., Yuen K.-Y. *A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster*. *Lancet.*, 2020, vol. 395, no 10223, pp. 514–523. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30154-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30154-9)
4. Drosten C., Guonther S., Preiser W., van der Werf S., Brodt H.R., Becker S., Rabenau H., Panning M., Kolesnikova L., Fouchier R.A., Berger A., Burguière A.M., Cinatl J., Eickmann M., Escriou N., Grywna K., Kramme S., Manuguerra J.C., Müller S., Rickerts V., Stürmer M., Vieth S., Klenk H.D., Osterhaus A.D., Schmitz H., Doerr H.W. *Identification of a novel coronavirus in patients with severe acute respiratory syndrome*. *N. Engl. J. Med.*, 2003, vol. 348, no 20, pp. 1967–1976.
5. Zaki A.M., van Boheemen S., Bestebroer T.M., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. *Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia*. *N. Engl. J. Med.*, 2012, vol. 367, pp. 1814–1820.

6. Walls A.C., Park Y.-J., Tortorici M.A., Wall A., McGuire A.T., Veesler D. *Structure, Function, and Antigenicity of the SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein*. Cell., 2020, vol. 180, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.058>
7. Zegarra-Valdivia J., Vilca B.C., Tairo T., Munive V., Lastarria C. *Neurological component in coronaviruses induced disease: systematic review of SARS-CoV, MERS-CoV, and SARS-CoV-2*. Preprint., 2020. <https://doi.org/10.31219/osf.io/2fqtz>
8. Farzanehpour M., Karimi M.R., Rezayat P., Bolandian M., Nodoushan M.M., Ghaleh H.E.G. *A Review on the Mechanisms Involved in the Immunopathogenesis of SARS-CoV-2*. J. Mil. Med., 2020, vol. 22, no 2, pp. 147-160. <https://doi.org/10.30491/JMM.22.2.147>
9. Gorenkov D.V., Hantimirova L.M., Shevcov V.A., Rukavishnikov A.V., Merkulov V.A., Olefir Ju.V. *An Outbreak of a New Infectious Disease COVID-19: β -coronaviruses as a Threat to Global Healthcare*. Biopreparations. Prevention, Diagnosis, Treatment.. 2020, vol. 20, no 1, pp. 6-20. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-6-20> (in Russian)
10. Priluckii A.S. *Coronavirus disease 2019, part 1: Coronavirus characteristic, epidemiological features*. Vestn. jepidemiol. i gigieny, 2020, vol. 24, no 1, pp. 77-86. (in Russian)
11. Ennan A.A., Abramova N.N., Khoma R.E. *Katalog vigotovljaemih zasobiv individual'nogo zahistu. Physical-Chemical Institute for Environment and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine*. Ed. by A.A. Ennan. Odesa, 2017, 52 p. (in Ukrainian)
12. Batyrev V.V., Zhivulin G.A. *Basics of individual protection of a person from dangerous chemical and radioactive substances*. Moscow, FGBU VNII GO World Cup (FC), 2016, 204 p. (in Russian)
13. DSTU EN 149:2017 *Respiratory protective devices. Filtering half masks to protect against particles. Requirements, testing, marking is classified in these ICS categories (EN 149:2001+A1:2009, IDT) 01.02.2018* (in Ukrainian)
14. EN 14683:2005. Surgical masks. Requirements and test methods
15. DSTU EN 14683:2014. Surgical masks. Requirements and test methods. (in Ukrainian)
16. GOST R 58396-2019. Medical face masks. Requirements and test methods. (in Russian)
17. ASTM F2101-14. Standard Test Method For Evaluating The Bacterial Filtration Efficiency (BFE) Of Medical Face Mask Materials, Using A Biological Aerosol Of Staphylococcus Aureus, American National Standards Institute, New York. 2014.
18. Basmanov P.I., Kaminsky S.L., Korobeinikova A.V., Trubitsyna M.E. *Respiratory protective devices*. Reference manual. Saint-Peterburg, Iskusstvo Rossii, 2002, 400 p. (in Russian)
19. Ennan A.A., Cheberyachko S.I., Knish I.M., Khoma R.E., Abramova N.M. *Sposib vizualizacii misc'neshhil'nogo priljagannja napivmasok do oblichchja*. Patent UA, no 127920, publ. 27.08.2018 (in Ukrainian)
20. Honarbakhsh M., Jahangiri M., Ghaem H., Ghorbani M., Omidvari F., Khorasani M.A., Shabani F. *Qualitative Fit Testing of Medium – Size N95/FFP2 Respirators on Iranian Health Care Workers*. Health Scope., 2018, vol. 7, no 4. <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.62884>
21. *Bioaerosols*. Handbook Ed. C.S. Cox, C.M. Waters. Boca Raton, London, Tokyo, CRC Press, Lewis Publ., 1995, 621 p.
22. Grinshpun S. *Biological Aerosols*. In book: *Aerosols*. Sci. Technol., 2010, Wiley-Vch, pp. 379-406. <https://doi.org/10.1002/9783527630134.ch13>
23. Golubkova A.A., Sisin E.I. *Maski i respiratory v medicine: vybor i ispol'zovanie*. 2011, 32 p. (in Russian)
24. Chekman I.S., Syrovaja A.O., Andreeva S.V., Makarov V.A. *Ajerozoli – dispersnye sistemy*. Monografija. Kharkov, Cifrova drukarnja no 1, 2013, 100 p. (in Russian)
25. Chan K.H., Malik Peiris J.S., Lam S.Y., Poon L.L.M., Yuen K.Y., Seto W.H. *The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus*. Adv. Virology., 2011, vol. 2011, pp. 1-7. Article ID 734690. <https://doi.org/10.1155/2011/734690>
26. Pabst G., Hodzic A., Štrancar J., Danner S., Rappolt M., Laggner P. *Rigidification of Neutral Lipid Bilayers in the Presence of Salts*. Biophys. J., 2007, vol. 93, no 8, pp. 2688-2696. <https://doi.org/10.1529/biophysj.107.112615>
27. Yang W., Marr L.C. *Mechanisms by which ambient humidity may affect viruses in aerosols*. Appl. Environ. Microbiol., 2012, vol. 78, pp. 6781–6788. <https://doi.org/10.1128/AEM.01658-12>
28. Vejerano E.P., Marr L.C. *Physico-chemical characteristics of evaporating respiratory fluid droplets*. J. Royal Soc. Interface., 2018, vol. 15, no 139. – AN 20170939. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0939>
29. Haddrell A.E., Thomas R.J. *Aerobiology: Experimental Considerations, Observations, and Future Tools*. Appl. Environ. Microbiol., 2017, vol. 83, no 17, e00809-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.00809-17>
30. Kampf G., Todt D., Pfaender S., Steinmann E. *Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents*. J. Hosp. Infect., 2020, vol. 104, no 3, pp. 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>

31. Rengasamy A., Zhuang Z., BerryAnn R. *Respiratory protection against bioaerosols: Literature review and research needs*. Am. J. Infect. Control., 2004, vol. 32, no 6, pp. 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2004.04.199>
32. Shmelkova T.P., Sazanova E.V., Kravtsov A.L., Malyukova T.A., Popov Yu.A., Boiko A.V., Devdariani Z.L., Schukovskaya T.N. *Determination of virulence properties of pathogenic microorganisms in vitro: state-of-art*. Zh. Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol., 2016, no 6, pp. 100–108. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2016-6-100-108> (in Russian)
33. Tang J.W., Nicolle A.D., Klettner C.A., Pantelic J., Wang L., Suhaimi A.B., Tan A.Y.L., Ong G.W.X., Su R., Sekhar C., Cheong D.D.W, Tham K.W. *Airflow Dynamics of Human Jets: Sneezing and Breathing – Potential Sources of Infectious Aerosols*. PLoS ONE., 2013, vol. 8, no 4, e59970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059970>
34. Bourouiba L., Dehandschoewercker E., Bush J.W.M. *Violent expiratory events: on coughing and sneezing*. J. Fluid Mech., 2014, vol. 745, pp. 537–563. <https://doi.org/10.1017/jfm.2014.88>
35. Vasilyak L.M. *Physical methods of disinfection (a review)*. Uspekhi Prikladnoi Fiziki, 2018, vol. 6, no 1, pp. 5-17. (in Russian)
36. Jeong S.B., Ko H.S., Seo S.C., Jung J.H. *Evaluation of filtration characteristics and microbial recovery rates of commercial filtering facepiece respirators against airborne bacterial particles*. Sci. Total Environ., 2019, vol. 682, pp. 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.153>
37. Rao Y., Li H., Shen S., Yang Q., Zhang G., Zhang X., Li M., Duan S. *Water vapor condensation on the inner surface of an N95 filtering facepiece respirator*. Heat Transfer Res., 2019, vol. 50, no 3, pp. 217-231. <https://doi.org/10.1615/heattransres.2018025255>
38. Chughtai A.A., Seale H., MacIntyre C.R. *Availability, consistency and evidence-base of policies and guidelines on the use of mask and respirator to protect hospital health care workers: a global analysis*. BMC Res. Notes., 2013, vol. 6, no 1, AN 216. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-6-216>
39. Jafari A.J., Rostami R., Ghainy G. *Advance in Bioaerosol Removal Technologies. A Review*. Iranian J. Health, Saf. Environ., 2017, vol. 5, no 2, pp. 1007-1016.
40. Zhmyhov I.N., Gal'braj L.S., Akulich A.V., Shherbina L.A., Sorokin F.A. *Processy i oborudovanie proizvodstva voloknistykh i plenochnykh materialov*. Minsk, Vyshhejskaja shkola, 2013, 592 p. (in Russian)
41. Bukina Ju.A., Sergeeva E.A. *Preparaty dlja pridanija voloknistym tekstil'nyim materialam antibakterial'nykh svoystv*. Bull. Technol. Univ., 2013, vol. 16, no 17, pp. 163-165. (in Russian)
42. Goldade V., Vimidiktova N. *Antimicrobial fibers for textile clothing and medicine: Current state*. ISJ Theor. Appl. Sci., 2017, vol. 47, no 3, pp. 178-194. <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2017.03.47.27>
43. Chen Z., Sun Y. *Antimicrobial polymers containing melamine derivatives. II. Biocidal polymers derived from 2-vinyl-4,6-diamino-1,3,5-triazine*. J. Polymer Sci. A: Polymer Chem., 2005, vol. 43, no 18, pp. 4089–4098. <https://doi.org/10.1002/pola.20906>
44. Tiller J.C., Lee S.B., Lewis K., Klivanov A.M. *Polymer surfaces derivatized with poly(vinyl-N-hexylpyridinium) kill airborne and waterborne bacteria*. Biotechnol. Bioeng., 2002, vol. 79, pp. 465–471. <https://doi.org/10.1002/bit.10299>
45. Lin J., Tiller J.C., Lee S. B., Lewis K., Klivanov A.M. *Insights into bactericidal action of surface-attached poly(vinyl-N-hexylpyridinium) chains*. Biotechnol. Lett., 2002, vol. 24, no 10, pp. 801–805. <https://doi.org/10.1023/A:1015584423358>
46. Pasquier N., Keul H., Heine E., Moeller M. *From Multifunctionalized Poly(ethylene imine)s toward Antimicrobial Coatings*. Biomacromol., 2007, vol. 8, no 9, pp. 2874-2882. <https://doi.org/10.1021/bm070353r>
47. Chernov'yants M.S., Burykin I.V., Pisanov R.V., Shalu O.A. *Synthesis and antimicrobial activity of poly(N-methyl-4-vinylpyridinium triiodide)*. Pharm. Chem. J., 2010, vol. 44, no 2, pp. 13-15. <https://doi.org/10.1007/s11094-010-0398-5>
48. Kenawy E.-R., Abdel-Hay F.I., Shahada L., El-Shanshoury A.E.-R. R., El-Newehy M.H. *Biologically active polymers. IV. Synthesis and antimicrobial activity of tartaric acid polyamides*. J. Appl. Polymer Sci., 2006, vol. 102, no 5, pp. 4780–4790. <https://doi.org/10.1002/app.24126>
49. Bozja J., Sherrill J., Michielsen S., Stojiljkovic I. *Porphyrin-based, light-activated antimicrobial materials*. J. Pol. Sci. A: Polym. Chem., 2003, vol. 41, no 15, pp. 2297-2303. <https://doi.org/10.1002/pola.10773>
50. Lyutakov O., Hejna O., Solovyev A., Kalachyova Y., Svorcik V. *Polymethylmethacrylate doped with porphyrin and silver nanoparticles as light-activated antimicrobial material*. RSC Adv., 2014, vol. 4, no 92, pp. 50624-50630. <https://doi.org/10.1039/c4ra08385g>

51. Kononenko A.B., Bannikova D.A., Savinova E.P., Olkhov A.A., Lobanov A.V. *Bactericidal properties of the fibrous material based on polyhydroxybutyrate and iron(III)-porphyrins.* // Russ. J. Problems Veterinary Sanitation Hyg. Ecol., 2017, no 4, pp. 83-88. (in Russian)
52. Patel S.A., Patel M.V., Ray A., Patel R.M. *Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of some novel poly(ether ketone)s.* J. Polym. Sci. A: Polym. Chem., 2003, vol. 41, pp. 2335–2344.
53. Stelmakh S.A., Garkusheva N.M., Ochirov O.S., Grigor'yeva M.N., Stelmakh A.E., Batoev V.B., Mogonov D.M. *Synthesis of N-octyl and N-Phenyl-substituted (Co)polymers of a Series of Polyalkylguanidines and Their Antimicrobial Activity Towards Conditionally Pathogenic Microorganisms.* Chem. Sustainable Dev., 2016, no 6, pp. 795-803. <https://doi.org/10.15372/KhUR20160610> (in Russian)
54. Kenawy E.-R., Worley S. D., Broughton R. *The Chemistry and Applications of Antimicrobial Polymers: A State-of-the-Art Review.* Biomacromol., 2007, vol 8, no 5, pp. 1359–1384. <https://doi.org/10.1021/bm061150q>
55. Fomin P.A., Lejkin Ju.A., Cherkasova T.A. *Issledovanie baktericidnykh ionoobmennyykh sorbentov.* Uspehi v himii i him. tehnol., 2008, vol. 22, no 13, pp. 10-14 (in Russian)
56. Dubkova V.I., Solovskiy M.V., Smirnova M.Ju., Panarin E.F., Krutko N.P., Maevskaja O.I., Beljasova N.A. *Polymer-composite cellulose and carbon fibrous materials with antimicrobial properties.* Proceed. National Acad. Sci. Belarus. Med. Ser., 2012, no 3, pp. 97–103. (in Russian)
57. Poljakova I.V. *Zakonomernosti mezhmolekuljarnogo vzaimodejstvija v sisteme antibakterial'nykh antibiotik jeremomicin — polimernye sorbenty.* Abstract for the degree of Candidate of Technical Sciences. 030.00.02. St. Petersburg, 2004, 24 p. (in Russian)
58. Pisarev O.A., Ezhova N.M., Garkushina I.S. *The interaction of erythromycin with polymeric sorbents adjusted to the antibiotic molecule.* Russ. J. Phys. Chem., 2009, vol. 83, no 1, pp. 142-146. (in Russian)
59. Toropin V.M., Kremenchutskiy G.M., Burmistrov K.S., Shunkevich O.A., Polikarpov O.P. *Synthesis and antibacterial properties of 4-aminophenylsulfonamide immobilized on the polymeric carrier.* Pharm. Rev., 2017, no 1, pp. 5-10. (in Ukrainian)
60. Vigo T.L. *Advances in Antimicrobial Polymers and Materials.* In Book Biotechnology and Bioactive Polymers. Ed. by C.G. Gebelein, C.E. Carraher. Springer: New York, 1994, pp. 225-237. (in Russian)
61. Patel M.V., Patel S.A., Ray A., Patel R.M. *Antimicrobial activity on the copolymers of 2,4-dichlorophenyl methacrylate with methyl methacrylate: Synthesis and characterization.* J. Polym. Sci. A: Polym. Chem., 2004, vol. 42, no 20, pp. 5227–5234. <https://doi.org/10.1002/pola.20348>
62. Piozzi A., Francolini I. *Biomimetic Polyurethanes.* In book: Polymeric Materials with Antimicrobial Activity: From Synthesis to Applications. Ed. by A. Muñoz-Bonilla, M. Cerrada, M. Fernández-García. RSC: Cambridge, 2014, pp. 224-278. <https://doi.org/10.1039/9781782624998-00224>
63. Ren X., Kou L., Kocer H.B., Zhu C., Worley S.D., Broughton R.M., Huang T.S. *Antimicrobial coating of an N-halamine biocidal monomer on cotton fibers via admicellar polymerization.* Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects., 2008, vol. 317, no 1-3, pp. 711–716. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.12.007>
64. Sokolovskii M.V., Smirnova M.Yu., Tarabukina E.B., Zaharova N.V. *Sintez sopolimerov akrilamida s gidrohloridom 3-aminojetilmetakrilata – nositelej biologicheskii aktivnykh veshhestv.* Zh. Obshch. Khim., 2012, vol. 82, no 10, pp. 1650–1655. (in Russian)
65. Khorev A.V. *Pridanie polijefirnykh materialam dezodorirujushchih i antimikrobnyykh svoystv s ispol'zovaniem poverhnostnogo modifitsirovaniya volokna.* Abstract for the degree of Candidate of Technical Sciences. 05.19.02. Ivanovo, 2010, 16 p. (in Russian)
66. Rogovin Z.A., Gal'braikh L.S. *Chemical Conversions and Modifications of Cellulose,* Moscow, Khimiya, 1979, 205 p. (in Russian)
67. Virnik A.D. *Antimikrobnnye celljuloznye voloknistye materialy.* Itogi Nauki Tekh., Ser. Khim. Tekhnol. Vysokomolek. Soedin., Moscow, 1986, vol. 21, pp. 35–96. (in Russian)
68. Moryganov P.A., Galashina V.N., Dymnikova N.S. *Study of sorption– desorption processes in modified cellulose materials.* Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim., 2007, vol. 50, no 3, pp. 48-52. (in Russian)
69. Barysheva N.V. *Razrabotka osnov fermentativnoj tehnologii otvarki hlopchatobumazhnykh tkaney.* Abstract for the degree of Candidate of Technical Sciences. 05.19.02. Moscow, 2006, 17 p. (in Russian)
70. Belova A.V., Judanova T.N., Gal'brajkh L.S. *Poluchenie biologicheskii aktivnykh celljuloznykh volokon, modifitsirovannykh obrabotkoj Ksibetenom-Cel.* Khimija Rastitel'nogo Syr'ja, 2010, no 4, pp. 11–15. (in Russian)
71. Patent US6235302. Int.Cl. A01N 25/34; A61 K9/70; A61 K9/52. *Biocide impregnated fiber-reinforced sponge material.* Means L., Hammer K.-D. Publ. 22.05.2001
72. Burkitbaj A., Kutzhanova A.Zh., Tausarova B.R. *Razrabotka novoj kompozicii dlja antimikrobnnoj otdelki celljuloznogo tekstil'nogo materiala.* Aktual'nye problemy gumanitarnyykh i estestvennykh nauk., 2010, no 12, pp. 20-23. (in Russian)

73. Solovskii M.V., Panarin E.F., Smirnova M.Yu., Dubkova V.I., Krut'Ko N.P., Maevskaya O.I., Belyasova N.A. *Antimicrobial activity of carbon fiber fabric modified with a polymer-gentamicin complex*. Appl. Biochem. Microbiol. 2009, vol. 45, no 2, pp. 248-251. (in Russian)
74. Solovskii M.V., Eropkin M.Y., Eropkina E.M., Smirnova M.Yu., Gavrilova I.I. *Complexes of aminoglycoside antibiotics with copolymers of acrylamide with acrylic and methacrylic acids*. Pharm. Chem. J., 2010, vol. 44, no 6, pp. 314-318. <https://doi.org/10.1007/s11094-010-0458-x>
75. Smirnova M.Yu. *Funkcional'nye polimery na osnove akrilamida, N-(2-gidroksipropil)metakrilamida, ih komplekсы i konjugaty s antibiotikami*. Abstract for the degree of Candidate of Chemical Sciences. 02.00.06. St. Petersburg, 2014, 22 p. (in Russian)
76. Garkushina I.S. *Mezhmolekuljarnye vzaimodejstviya v sisteme «antibakterial'nyj antibiotik jeritromicin molekularno imprintirovannye polimernye sorbenty»*. Abstract for the degree of Candidate of Technical Sciences. 03.01.02. St. Petersburg, 2010, 26 p. (in Russian)
77. Sedov A.V., Goncharov S.F., Kapcov V.A., Ivanov A.A. *Primenenie izdelij iz antimikrobnih tekstil'nyh materialov v medicine*. Moscow, Reinfor, 2005, 284 p. (in Russian)
78. Buzov B.A., Mishakov V.Ju., Makarova N.A., Zameta B.V. *Razrabotka i issledovanie antimikrobnih medicinskih materialov na netkanyh nositeljah*. Perspektivnye materialy, 2004, no 4, pp. 58-63. (in Russian)
79. Makarova H.A., Buzov B.A., Mishakov V.Ju. *Antimikrobnoe netkanoe polотно, obrabotannoe preparatom katamin AB + jodistyj kalij*. Tehnicheskij tekstil', 2003, no 5, pp. 29-31. (in Russian)
80. Tausarova B.R., Rahimova S.M. *Cellulosic textile materials with antibacterial properties modified with copper nanoparticles*. Chem. Plant Raw Mater.I, 2018, no 1, pp. 163-169. (in Russian)
81. Gorodnicheva N.A. *Izuchenie vozmozhnosti prakticheskogo primenenija polijefirnyh antimikrobnih volokon dlja izgotovlenija tekstil'nyh materialov, obladajushih biologicheskoj aktivnost'ju*. Vestnik of Vitebsk State Technol. University. 2009, no 16, pp. 17-20. (in Russian)
82. Gorodnicheva N.A. *Biologically active fibrous materials containing antimicrobial polyester fibres*. Vestnik of Vitebsk State Technol. University, 2011, no 21, pp. 41-46. (in Russian)
83. Ennan A.A., Bajdenko V.I., Zaharenko Ju.S., Gal'braj L.S., Lishevskaja M.O., Zaharenko V.N. *Impregirovannye sorbcionnoaktivnye voloknistye materialy*. Book of 1st International Science-Practical Conference «Protection of Environment, Health, and Safety in Welding» (Odessa, 11-13 September 2002), Odessa, Astroprint, 2002, pp. 218-230. (in Russian)
84. Ennan A.A., Baidenko V.I. *Sorbcionno fil'trujushhie voloknistye ionity dlja individual'noj protivogazovoj zashhity (Obzor)*. Jenergotehnologii i resursoberezenie, 2004, no 5, pp. 43-54. (in Russian)
85. Ennan A.A.-A., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N., Chechetov M.O. *Compound for impregnation of filtering material*. Patent UA, no 43409, publ. 10.08.2009. (in Ukrainian)
86. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Shevtsova N.I., Koroieva L.V., Gelmboldt V.O. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 73387, publ. 25.09.2012. (in Ukrainian)
87. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 85878, publ. 10.12.2013. (in Ukrainian)
88. Ennan A.A., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N., Khoma R.E. *Chemisorption of Sulfur Dioxide by Polyethylenepolyamine Impregnated Fibrous Materials. 2. The Study of Water Vapor Influence on PreadSORption SO₂ Chemisorption by Fibrous Materials*. Visn. Odes. nac. univ., Him., 2014, vol. 19, no 3, pp. 20-30. [http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3\(51\).40356](http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2014.3(51).40356) (in Russian)
89. Ennan A.-A.-A., Khoma R.E. *Impregnated Fibrous Chemosorbents of Acid Gases For Respiratory Purpose*. Visn. Odes. nac. univ., Him., 2017, vol. 22, no 4, pp. 53-68. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2017.4\(64\).115924](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2017.4(64).115924) (in Ukrainian)
90. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Gridjaev V.V. *Impregnovani voloknisti hemosorbenti oksidu sirki (IV) i/abo amiaku respiratornogo priznachennja*. V Mizhnarodna naukoivo-praktichna konferenciya «Bezpeka zhittedijal'nosti na transporti ta virobniectvi – osvita, nauka, praktika», Kherson. 13-15 September 2018, pp. 65-69. (in Ukrainian)
91. Anurova M.N., Bakhrushina E.O., Demina N.B., Panteleeva E.S. *Modern Preservatives of Microbiological Stability (Review)*. Pharm. Chem. J., 2019, vol. 53, no 6, pp. 564-571. <https://doi.org/10.1007/s11094-019-02038-4>
92. Bakalova S., Mincheva V., Doycheva A., Groudeva V., Dimkov R. *Microbial Toxicity of Ethanolamines*. Biotechnol. Biotechnol. Equip., 2008, vol 22, no 2, pp. 716-720. <https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817540>
93. Ismail Hossain M., El-Harbawi M., Noaman Y.A., Bustam M.A.B., Alitheen N.B.M., Affandi N.A., Hefter G., Yin C.-Y. *Synthesis and anti-microbial activity of hydroxylammonium ionic liquids*. Chemosphere, 2011, vol. 84, no 1, pp. 101-104. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.048>

94. Petrović Z.D., Čomić L., Stefanović O., Simijonović D., Petrović V.P. *Antimicrobial activity of the ionic liquids triethanolamine acetate and diethanolamine chloride, and their corresponding Pd(II) complexes*. J. Mol. Liq., 2012, vol. 170, pp. 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2012.03.009>
95. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 113021, publ. 10.01.2017. (in Ukrainian)
96. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Galak A.V., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Composition for Impregnating Filter Materials*. Patent UA, no 115533, publ. 25.04.2017 (in Ukrainian)
97. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Impregnating composition for obtaining chemisorbent-ampholyte*. Zajavka UA, no u201704020, decl. 24.04.2017. (in Ukrainian)
98. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Composition for Impregnating Filter Materials*. Patent UA, no 121424, publ. 11.12.2017 (in Ukrainian)
99. Minami M., Ando T., Hashikawa S.-n., Torii K., Hasegawa T., Israel D.A., Ina K., Kusugami K., Goto H., Ohta M. *Effect of Glycine on Helicobacter pylori In Vitro*. Antimicrob. Agents Chemother., 2004, vol. 48, no 10, pp. 3782–3788. <https://doi.org/10.1128/AAC.48.10.3782-3788.2004>
100. Finnegan S., Percival S.L. *EDTA: An Antimicrobial and Antibiofilm Agent for Use in Wound Care*. Adv. Wound Care., 2015, vol. 4, no 7, pp. 415–421. <https://doi.org/10.1089/wound.2014.0577>
101. Thurman R.B., Gerba C.P., Bitton G. *The molecular mechanisms of copper and silver ion disinfection of bacteria and viruses*. Crit. Rev. Env. Control., 1989, vol. 18, no 4, pp. 295-315.
102. Vincent M., Hartemann P., Engels-Deutsch M. *Antimicrobial applications of copper*. Int. J. Hyg. Env. Health., 2016, vol. 219, no 7, pp. 585–591. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.06.003>
103. Gordon N.A., McGuire K.L., Wallentine S.K., Mohl G.A., Lynch J.D., Harrison R.G., Busath D.D. *Divalent copper complexes as influenza A M2*. Antiviral Res., 2017, vol. 147, pp. 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2017.10.009>
104. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Composition for Impregnating Filter Materials*. Patent UA, no 113022, publ. 10.01.2017 (in Ukrainian)
105. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Gridyaev V.V., Mikhaylova T.V. *Fibrous Chemisorbent of Sulfur Dioxide Based on the Complex Compounds of Cooper (II) Sulphate and Polyethylenepolyamine*. Visn. Odes. nac. univ., Him., 2018, vol. 23, no 2, pp. 95-105. [http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2\(66\).132053](http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2018.2(66).132053) (in Russian)
106. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 121423, publ. 11.12.2017. (in Ukrainian)
107. Kulikov S.N., Tiurin Ju.A., Fassakhov R.S., Varlamov V.P. *Antibacterial and antimycotic activity of chitosan: mechanisms of action and role of the structure*. Zh. Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol., 2009, no 5, pp. 91-97. (in Russian)
108. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 127588, publ. 10.08.2018. (in Ukrainian)
109. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Galak A.V., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 115534, publ. 25.04.2017 (in Ukrainian)
110. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N., Gridyaev V.V. *Composition for Impregnation of Filter Material*. Patent UA, no 129785, publ. 12.11.2018. (in Ukrainian)
111. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 124684, publ. 25.04.2018 (in Ukrainian)
112. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 139054, publ. 26.12.2019 (in Ukrainian)
113. Ennan A.A.-A., Dlubovskiy R.M., Khoma R.E., Abramova N.N., Naumchak V.A. *Composition for the Filter Material Impregnation*. Patent UA, no 96010, publ. 12.01.2015 (in Ukrainian)
114. Khoma R.E., Ennan A.A., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Fibrous Chemisorbents-Ampholyte Based on the Complex Compound of Nickel(II) Chloride and Monoethanolamine*. Visn. Odes. nac. univ., 2016, vol. 21, no 1, pp. 92–101. [http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2016.1\(57\).67515](http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2016.1(57).67515) (in Russian)
115. Ennan A.A.-A., Homa R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.M., Manzhos A.A. *Hemosorbenti-amfoliti na osnovi kompleksnih spoluk 3d-metaliv iz N-vmisnimi organichnimi osnovami*. VI Miznarodna naukovopraktichna konferenciya «Bezpeka zhittedijal'nosti na transporti ta virobniectvi – osvita, nauka, praktika», Kherson. 11-14 September 2019, pp. 129-132. (in Ukrainian)
116. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Abramova N.N., Dlubovskiy R.M., Gusel'nikova N.O. *Composition for Impregnating Filter Materials*. Patent UA, no 107184, publ. 25.05.2016 (in Ukrainian)

117. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Zakharenko Yu.S., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 139792, publ. 27.01.2020 (in Ukrainian)
118. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N., Mikhaylova T.V. *Fibrous Chemosorbent-Amfolite Based on the Complex Compounds of Nickel (II) Chloride and Ethylenediamine*. Visn. Odes. nac. univ., Him., 2019, vol. 24, no 3, pp. 90-102. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2019.3\(71\).177739](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2019.3(71).177739) (in Russian)
119. Greenwood D., Slack R.C.B. *The antibacterial activity of hexamine (methenamine), hexamine hippurate and hexamine mandelate*. Infection., 1981, vol. 9, pp. 223–227.
120. Agwara M.O., Yufanyi M.D., Foba-Tendo J.N., Atamba M.A., Ndinteh D.T. *Synthesis, characterisation and biological activities of Mn(II), Co(II) and Ni(II) complexes of hexamethylenetetramine*. J. Chem. Pharm. Res., 2011, vol. 3, no 3, pp. 196-204.
121. Arzybaev M., Imanaliev M.I., Altybaeva D.T., Toktomatov T.A. *Toksicheskie svoystva i antibakterial'naja aktivnost' soedinenij geksametilentetramina*. Veterinarnaja patologija. 2003, no 3, pp. 85-87. (in Russian)
122. Zardini H.Z., Davarpanah M., Shanbedi M., Amiri A., Maghrebi M., Ebrahimi L. *Microbial toxicity of ethanolamines-Multiwalled carbon nanotubes*. J. Biomed. Mater. Res. A, 2013, vol. 102, no 6, pp. 1774–1781. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.34846>
123. Dmitrieva N.A., Krechina E.K., Jarygina L.B., Efremova N.V. *Comparative evaluation of antimicrobial activity of root canal irrigation agents*. Stomatologiya, 2013, vol. 92, no 5, pp. 9-11. (in Russian)
124. Horie M., Ogawa H., Yoshida Y., Yamada K., Hara A., Ozawa K., Matsuda S., Mizota C., Tani M., Yamamoto Y., Yamada M., Nakamura K., Imai K. *Inactivation and morphological changes of avian influenza virus by copper ions*. Arch. Virol., 2008, vol. 153, an 1467. <https://doi.org/10.1007/s00705-008-0154-2>
125. Komal N., Sujatha I., Jayalakshmi K.B., Arul S.K., Prasannalatha N. *Comparative Evaluation Of Antimicrobial Activity Of Different Root Canal Irrigants With Or Without The Addition Of Etidronic Acid*. World J. Adv. Sci. Res., 2019, vol. 2, no 5, pp. 1-11.
126. Bischof Vukušić S., Flinčec Grgac S., Budimir A., Kalenić S. *Cotton textiles modified with citric acid as efficient anti-bacterial agent for prevention of nosocomial infections*. Croatian Med. J., 2011, vol. 52, no 1, pp. 68–75. <https://doi.org/10.3325/cmj.2011.52.68>
127. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 116964, publ. 25.05.2018. (in Ukrainian)
128. Ennan A.A.-A., Dlubovskiy R.M., Khoma R.E., Abramova N.N., Berezovska T.I. *Composition for Impregnating Filter Materials*. Patent UA, no 112848, publ. 10.11.2016. (in Ukrainian)
129. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 133964, publ. 25.04.2019. (in Ukrainian)
130. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N., Gridyaev V.V. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 135209, publ. 25.06.2019. (in Ukrainian)
131. Ennan A.A.-A., Khoma R.E., Dlubovskiy R.M., Abramova N.N., Gridyaev V.V. *Impregnated Composition for Obtaining Chemosorbent-Ampholyte*. Patent UA, no 142208, publ. 25.05.2020. (in Ukrainian)
132. Kuznetsov D.N., Kobrakov K.I., Ruchkina A.G., Stankevich G.S. *Biologically active synthetic organic dyes*. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim., 2017, vol. 60, no 1, pp. 4-33. <https://doi.org/10.6060/tcct.2017601.5423> (in Russian)
133. Wang Q.Z., Chen X.G., Liu N., Wang S.X., Liu C.S., Meng X.H., Liu C.G. *Protonation constants of chitosan with different molecular weight and degree of deacetylation*. Carbohydr. Polym., 2006, vol. 65, no 2, pp. 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.01.001>
134. Haldar J., Weight A.K., Klivanov A.M. *Preparation, application and testing of permanent antibacterial and antiviral coatings*. Nature Prot., 2007, vol. 2, no 10, pp. 2412–2417. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.353>
135. Rajkowska K., Koziróg A., Otlewska A., Piotrowska M., Nowicka-Krawczyk P., Brycki B., Kunicka-Styczyńska A., Gutarowska B. *Quaternary ammonium biocides as antimicrobial agents protecting historical wood and brick*. Acta Biochim. Pol., 2015, vol. 63, no 1, pp. 153–159. https://doi.org/10.18388/abp.2015_1134
136. Tischer M., Pradel G., Ohlsen K., Holzgrabe U. *Quaternary Ammonium Salts and Their Antimicrobial Potential: Targets or Nonspecific Interactions?* Chem. Med. Chem., 2011, vol. 7, no 1, pp. 22–31. <https://doi.org/10.1002/cmdc.201100404>
137. Jiao Y., Niu L., Ma S., Li J., Tay F.R., Chen J. *Quaternary ammonium-based biomedical materials: State-of-the-art, toxicological aspects and antimicrobial resistance*. Progr. Polym. Sci., 2017, vol. 71, pp. 53–90. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.03.001>
138. Khoma R.E., Baumer V.N., Ennan A.A., Antonenko P.B., Godovan V.V., Dlubovskiy R.M. *Synthesis, crystal structure, and spectral characteristics of N-(n-propyl)aminomethanesulfonic acid. Acute toxicity of*

- aminomethanesulfonic acid and its N-alkylated derivatives*. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2019, no 6, pp. 255-262. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-127-6-255-262>.
139. Hridina T.L., Khoma R.E., Ennan A.A.-A., Fedchuk A.S., Gruzevskiy O.A. *Investigations of the antimicrobial activity of aminomethanesulfonic acids against strains of Staphylococcus aureus with different levels of antibiotic sensitivity*. *Zaporozhye Med. J.*, 2019, vol. 21, no 2, pp. 234-239. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2019.2.161502> (in Ukrainian)
140. Khoma R.E., Ennan A.A., Gridina T.L., Fedchuk A.S., Lozitskiy V.P., Rakipov I.M., Vladika A.S. *Synthesis, antioxidant and anti-influenza activity of aminomethanesulphonic acids*. *Pharm. Chem. J.*, 2019, vol. 53, no 5, pp. 436-439. <https://doi.org/10.1007/s11094-019-02016-w>
141. Khoma R.E., Ennan A.A.-A., Chebotaryov A.N., Vodzinskii S.V. *Aminomethansulfonic and alkylaminomethansulfonic buffer systems*. // *Ukr. Chem. J.*, 2019, vol. 85, no 9, pp. 3-16. <https://doi.org/10.33609/0041-6045.85.9.2019.3-16> (in Russian)
142. Almeida A., Cunha A., Faustino M.A.F., Tomé A.C., Neves M.G.P.M.S. *Porphyrins as antimicrobial photosensitizing agents*. In *Photodynamic Inactivation of Microbial Pathogens: Medical and Environmental Applications*. Hamblin M.R., Jori G., Eds., Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 2011, pp. 83–160.