

This article has been presented in BIOS Forum 2020 event. In Russia, city of St. Petersburg. The event was go organized with AWARE project, by the AWARE project partner Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. The article is one of the CBC funded AWARE projects contributions for Educational, training program and knowledge building purposes.

CBC KS1913 AWARE project "Against Waste: Activate Research and Education" is Funded by the European Union, the Russian Federation and the Republic of Finland.

The project is being implemented under the South-East Finland-Russia Cross-Border Cooperation Programme. The aim of the project is to increase ecological awareness of residents of Saint-Petersburg and Leningrad Region, university professors, researchers, students, businessmen and representatives of state structures of Saint-Petersburg and Leningrad Region as well as to acquire skills and expand opportunities for sustainable waste management.

## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОТХОДОВ



А.Б. Дягилева  
СПбГУПТД ВШТЭ  
198095, Россия, Санкт – Петербург, улица  
Ивана Черных, дом 4



Е.В. Иванова  
СПбГУПТД ВШТЭ  
198095, Россия, Санкт – Петербург, улица  
Ивана Черных, дом 4

**Аннотация.** В данной работе были рассмотрены совокупные процессы производства и утилизации отходов, а также предложены альтернативные методы обеззараживания средств индивидуальной защиты (СИЗ), медицинских отходов и помещений.

**Ключевые слова:** медицинские отходы, цикл, обеззараживание, утилизация.

Согласно статистическим данным в мире заражено 26 миллионов человек новой коронавирусной инфекцией Covid-19. Данный возбудитель отнесенный ко II группе патогенности, не смотря на то, что сезонность респираторных заболеваний закономерна, информация о сборе, обеззараживании, переработки медицинских отходов, обеззараживании помещений остается скудной.

Математическое моделирование является достаточно мощным инструментом для изучения сложных объектов и процессов, происходящих в реальном мире. Особенно незаменимо оно в тех областях исследований, где реальные эксперименты над объектами затруднены или просто невозможны. Примером одной из таких областей является эпидемиология. Проблема распространения различного рода инфекций и эпидемий является актуальной для всего человечества. Разработанные математические модели в основном представляют собой системы дифференциальных уравнений. Данный тип моделей имеет ряд недостатков, а именно: модели являются непрерывными, в то время как процесс распространения инфекции – дискретный; не учитываются индивидуальные свойства объектов; в моделях присутствуют «усредненные» параметры, не относящиеся к физическим свойствам объектов; значения некоторых параметров очень трудно или невозможно определить исходя из данных статистики.

Принципы моделирования социальных и эпидемиологических процессов существенно отличаются от моделирования в естественных науках. Здесь нет твердо установленных экспериментом и практикой зависимостей, которые всегда остаются справедливыми и не изменяются. При построении моделей таких процессов необходимо учитывать изначальную неточность задания всех данных, отсутствие четкого математического описания переменных и параметров, используемых при моделировании. Важно понимать возможность отклонения статистических данных от их реальных значений. В качестве наиболее подходящего аппарата для моделирования процессов в эпидемиологии предполагается имитационное моделирование с использованием мультиагентного метода. Он позволяет, задавшись начальными параметрами по каждому типу объектов, а также системой правил, согласно которой объекты взаимодействуют друг с другом и окружающей средой, вычислить динамические закономерности развития инфекции и выявить наиболее существенные свойства агентов, способствующих изменению темпов распространения.

Преимуществом данного подхода является то, что учитываются индивидуальные свойства каждого объекта, составляющего сложную систему. Динамика сложного процесса представляет собой результат функционирования и взаимодействия относительно простых объектов. Основная задача аналитика заключается в формулировке правил взаимодействия [1]. Необходимо отметить, что мультиагентный подход применялся для исследования процессов распространения инфекций как в России, так и за рубежом.

Данная работа направлена на разработку мультиагентной модели распространения инфекции, на основе которой предполагается создание универсального симулятора для моделирования различных инфекций.

Общее количество инфицированных всегда можно рассчитать по следующей формуле:

$$K_{inf} = K_v + K_i - K_e, \quad (1)$$

где  $K_{inf}$  – общее количество инфицированных,  $K_v$  – количество инфицированных в результате внутренних процессов,  $K_i$  – количество инфицированных иммигрантов,  $K_e$  – количество инфицированных эмигрантов.

Учитывая количество заболевших в пределах медицинского учреждения, в качестве примера условно возьмем 100 человек и согласно нормативному документу [2] медицинская маска для зараженного меняют каждые 2-3 часа. В сутки на одного человека используется 8 штук масок, принимаем, что в среднем человек должен быть госпитализирован на 14 дней. Таким образом, за период пребывания в стационаре используют 112 шт, на расчетное число 100 человек - 11200 шт. СИЗ в виде масок.

Индивидуальный риск - это мера возможности наступления негативных последствий для здоровья из-за действия на человека на территории его возможного нахождения в течение определенного времени опасных факторов профессиональной деятельности [3].

Индивидуальный риск заболевания можно рассчитать по следующей формуле:

$$R_u = n (\Delta t) / N_f \quad (2)$$

где,  $n$  - число погибших (пострадавших) в единицу времени;  $\Delta t$  - от определенного риска за год от определенного фактора или от их совокупного воздействия;  $N_f$  - число людей подверженных этому фактору в единицу времени  $\Delta t$ .

Количество образовавшихся отходов, однако растет в геометрической прогрессии, пропорционально количеству больных. Вместе с этим встает вопрос об утилизации.

Персонал, работающий в контакте с больными (с подозрением на заболевание) либо при работе с биологическим материалом от таких пациентов должен быть обеспечен рабочей одеждой (не менее 3-х комплектов), а также защитной одеждой и СИЗ одноразового или многоразового применения: противочумный костюм I типа (аналог), включающий комбинезон с капюшоном или противочумный халат (по типу хирургического) с шлемом (обеспечивает защиту головы и шеи); полнолицевую маску с противоаэрозольным (или комбинированным) фильтром со степенью защиты по аэрозолю РЗ (либо полумаску с противоаэрозольным (или комбинированным) фильтром со степенью защиты по аэрозолю РЗ или респиратор класса FFP3 в сочетании с защитными очками, допускается также

использование респиратора класса защиты FFP2 в сочетании с лицевым щитком); 2 пары медицинских перчаток (верхняя с удлиненной манжетой), высокие бахилы, при необходимости - фартук, нарукавники [4].

Помещения подлежат обработке преимущественно гипохлоритами такими как жидкие (гипохлорит натрия), твердые или порошкообразные (гипохлорит кальция) составы. Гипохлорит обладает широким спектром антимикробной активности и эффективен против нескольких распространенных патогенов в различных концентрациях. Рекомендация 0,1% объемной концентрации реагента в контексте COVID-19 является консервативной концентрацией, которая инактивирует подавляющее большинство других патогенов. Массовое использование гипохлорита на урбанизированных территориях повышает нагрузку на инженерную конструкцию канализационной системы и очистные сооружения [5].

Жизненный цикл производство продукции и утилизации отходов представляет единый блок целостности, не допускающий негативного воздействия на окружающую среду. Независимо от того производятся СИЗ, или это дезинфекторы которые состоят из хлорорганических соединений, изопропилового спирта и т.д. На рис. 1. представлен жизненный цикл продукции [6]. Общая схема технологического цикла отходов состоит из 9 основных этапов:

1-й этап – появление отхода; 2-й этап - сбор и накопление; 3-й этап - идентификация; 4-й этап - сортировка (с обезвреживанием при необходимости); 5-й этап - паспортизация; 6-й этап - упаковка и маркировка; 7-й этап - транспортирование и складирование (размещение); 8-й этап - хранение; 9-й этап - избавление (путем утилизации и/или удаления отходов).

Согласно рекомендациям ВОЗ с 1979 году медицинские отходы отнесены к особо опасным видам. В 1992 г. в соответствии с Базельской конвенцией, стороной которой является и Россия, выделены 45 видов опасных отходов, список которых открывается клиническими отходами.

Учитывая, патогенность вирусных заболеваний требующие специальной утилизации, сбора, перевозки и контроля на государственном уровне [7].

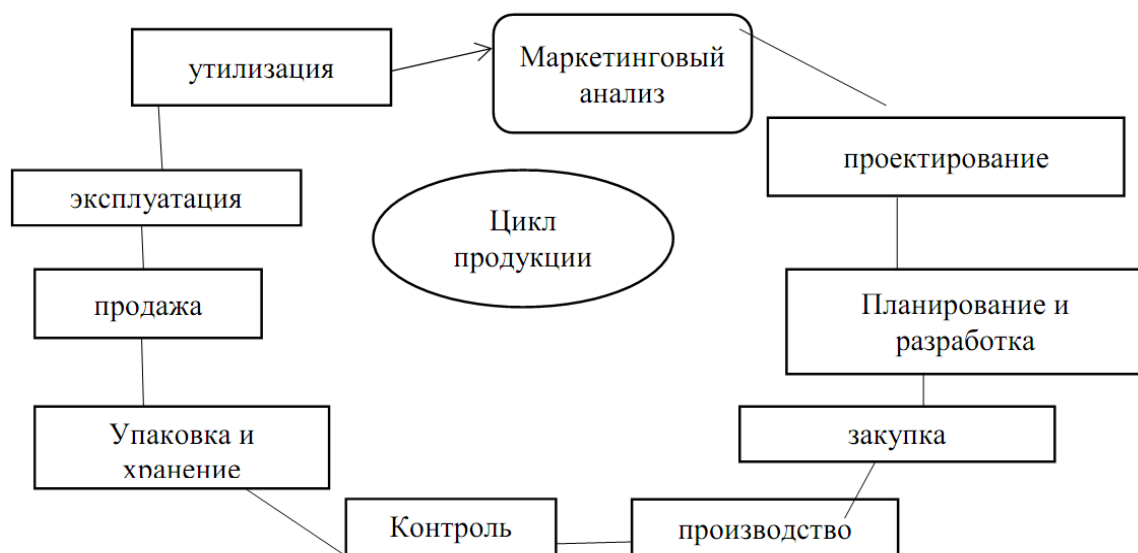


Рис. 1. Жизненный цикл продукции

Медицинские отходы в зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания подразделяются на пять классов опасности [8]: класс А - эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам (далее - ТБО); класс Б - эпидемиологически опасные отходы; класс В - чрезвычайно эпидемиологически

опасные отходы; класс Г - токсикологически опасные отходы 1 - 4 классов опасности; класс Д - радиоактивные отходы.

Медицинские отходы не подлежат паспортизации, эту деятельность не лицензируют. СанПиН не регулирует сбор, транспортирование, обезвреживание, утилизацию и размещение отходов класса А, Б, В. Единственный документ СанПин 2.1.7.2790-10 позволяет класс А и обезвреженные отходы класса Б, В размещать на полигонах, что может создавать дополнительную угрозу персоналу и являться очагом заражения.

Мероприятия по обеззараживанию как помещений, так и использованных СИЗ, медицинских отходов требуют оперативной реализации перспективных технологий в этом направлении, таких как, УФ-излучение, использование микроволнового пара и паров перекиси водорода.

УФ-облучение, были разработаны для медицинских учреждений, которые также целесообразно использовать в общественных местах. Однако на эффективность ультрафиолетового излучения могут влиять несколько факторов, в том числе: расстояние от УФ-устройства, доза облучения, длина волны, время воздействия, размещение лампы, модификация лампы, продолжительность использования. Другие факторы включают в себя: прямая или непрямая зона видимости по отношению к устройству, размер и форма помещения, интенсивность, отражательные способности предметов.

Обеззараживание медицинских масок и фильтров для респираторов с использованием микроволнового пара обсуждается в научной литературе [9]. В нашей стране для СВЧ-обеззараживания медицинских инфицированных отходов используется микроволновая установка «УОМО-01/150-О-ЦНТ» мощностью 2,5 кВт, созданная в Обнинском Центре науки и технологий. Она запатентована, сертифицирована, имеет разрешение Минздрава России на использование, является единственной пока российской разработкой в этом направлении.

СВЧ-дезинфекции подвергаются практически все инфицированные медицинские отходы, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья, после чего они сортируются и направляются по назначению.

Следует отметить следующие преимущества технологии [10] СВЧ-обезвреживания:

- обеззараживает все виды медицинских отходов, при этом достигается высокая эффективность обеззараживания (все проведенные испытания показали стерильность материала после обработки);
- исключается применение предварительной химической дезинфекции;
- не используются и не образуются токсичные для человека и вредные для окружающей среды соединения;
- безопасна для обслуживающего персонала, так как исключается воздействие химических дезинфекционных средств на организм человека;
- проста в эксплуатации, не требует специальной квалификации персонала;
- предъявляет минимум требований к устройству помещений для эксплуатации;
- экономична: одноразово обезвреживает 60 л отходов независимо от веса;
- установка долговечна, требует минимальных затрат на обслуживание и на расходные материалы.

Метод с помощью распыления перекиси водорода в качестве средства дезинфекции «Перекись водорода 6 %» применяют при инфекциях бактериальной (включая туберкулез), вирусной и грибковой этиологии в лечебно-профилактических учреждениях, в том числе клинических, микробиологических и др. лабораториях. Для проведения профилактической дезинфекции на предприятиях коммунально-бытового обслуживания, общественного питания, на предприятиях фармацевтической и биотехнологической промышленности, в салонах красоты, учреждениях образования, социального обеспечения, культуры, отдыха и спорта [10]. Средство дезинфицирующее «Перекись водорода 6 %» предназначено:

- для дезинфекции поверхностей в помещениях (пол, стены, двери и др.) в том числе в зонах различных классов чистоты;

- для обеззараживания изделий из различных материалов (коррозионностойкие металлы, резины, пластмасса, стекло);
- для дезинфекции жесткой мебели, поверхностей аппаратов, медицинских приборов, оборудования с лакокрасочным, гальваническим или полимерным покрытием;
- для обеззараживания санитарно-технического оборудования;
- для обеззараживания оборудования фармацевтической и биотехнологической промышленности;
- для обеззараживания белья, игрушек, посуды столовой, посуды из-под выделений в ЛПУ, посуды лабораторной, предметов ухода за больными из стекла, пластмасс, резин;
- для дезинфекции предметов используемых при проведении маникюра, педикюра, парикмахерских услуг.
- для дезинфекции уборочного материала;
- для дезинфекции санитарного транспорта;
- для дезинфекции изделий медицинского назначения (включая коррозионностойкие хирургические, стоматологические инструменты, стоматологические оттиски из силиконовых материалов, силиконовые) в различных медицинских учреждениях и сферы обслуживания.

Таким образом можно отметить, что современные технологические методы обеззараживания позволяют решать сложные задачи, которые способствуют снижению риска и возможности повторного развития эпидемии. Комплексный подход к решению своевременной утилизации и обеззараживания медицинских отходов, а также уменьшение использования химических хлорсодержащих средств, позволит сократить вторичные негативные эффекты в виде кожных и аллергических реакций в условиях распространение инфекции, а также стабилизировать нагрузку на очистные сооружения и водные объекты, что положительно влияет на социально-экологическую обстановку среды обитания населения крупных городов.

### **Библиографический список:**

1. Улыбин А.В. Математическая модель распространения инфекции //Вестник Тамбовского Университета, 2011, Т.16, № 1, -С. 184-187.
2. СП 3.1.2.3117-13 "Профилактика гриппа и других острых респираторных вирусных инфекций" Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. N 63 г. Москва «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499059989> - 07.09.2020
3. ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения
4. Приложение к письму Роспотребнадзора от 09.04.2020 N 02/6475-2020-32 рекомендации по использованию и обработке защитной одежды и сиз при работе в контакте с больными covid-19 (подозрительными на заболевание) либо при работе с биологическим материалом от таких пациентов
5. Временное руководство «Рекомендации Всемирной Организации Здравоохранения от 15 мая 2020 г. «Очистка и дезинфекция поверхностей окружающей среды в контексте эпидемии COVID-19», 2020
6. ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
7. Соколова Н.Р. Ерошкина Л.А. Как не допустить второй волны COVID-19 при обращении с медицинскими отходам// Журнал справочник эколога. -2020.- №5.-с.32-43
8. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 9 декабря 2010 г. N 163 "Об утверждении СанПиН 2.1.7.2790-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами"
9. Коржавый А.П. // Методы экспериментальной физики в избранных технологиях защиты

природы и человек М.: ИНФРА-М, 2018-с.55

10. ИНСТРУКЦИЯ № 01/Б-13 по применению дезинфицирующего средства «Перекись водорода 6 %» (ООО «РосбиоАгроФарм», Россия) Инструкция разработана: ФБУН «ГНЦ ПМБ»: Герасимов В.Н., Голов Е.А., Гайтрафимова А.Р., Герасимова Ю.В., Храмов М.В., Борзилов А.И.; ФБГУ «НИИ вирусологии им. Д.И. Ивановского»: заместитель руководителя ИЛЦ Д.Н. Носик, заведующий лабораторией онтогенеза вирусов Н.Н. Носик.

**THE LIFE-CYCLE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT AND ADVANCED METHODS FOR THE DECONTAMINATION OF WASTE**

E.V. Ivanova\*, A.B. Diaghileva

SPbSUITD HSTE

198095, Russia, St. Petersburg, Ivan Chernykh St., Building 4

E-mail: \*hhivanovaekaterina@gmail.com

***Abstract.** In this paper, the combined processes of waste production and disposal were considered, as well as alternative methods of disinfection of PPE, medical waste and premises were proposed.*

***Keywords:** medical waste, cycle, decontamination, disposal.*