

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
АО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ХОЛДИНГ «QAZBIOPHARM»  
ТОО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОСОБО ОПАСНЫХ  
ИНФЕКЦИЙ ИМЕНИ М. АЙКИМБАЕВА»



## **СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РЕАГИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПО ЭМЕРДЖЕНТНЫМ ИНФЕКЦИЯМ**

(Методические рекомендации)

**Алматы 2024**

**УДК: 614.446**

**ББК: 5.51**

**Авторы:**

**Жумадилова З.Б.** – к.м.н., проф; **Вилкова А.Н.** – и.о.начальника управления биологической безопасности и биологической защиты; **Туребеков Н.А.** – доктор PhD; **Туханова Н.Т.** – доктор PhD; **Шин А.Л.** - доктор PhD ; **Сутягин В.В.** – врач лаборатории диагностики и профилактики чумы; **Кислицын Ю.В.** – заведующий отделом биобезопасности; **Ковалёва Г.Г.** – к.м.н. ТОО «Национальный научный центр особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева»

**Рецензенты:**

**Асқаров Д.М.** – доктор PhD, начальник Управления стратегического развития и международного сотрудничества ТОО «Национальный научный центр особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева»

**Байекеева К.Т.** – к.м.н., доцент кафедры инфекционных и тропических болезней КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова

Создание системы реагирования и прогнозирования по эмерджентным инфекциям: Методические рекомендации / Жумадилова З.Б., Вилкова А.Н., Туребеков Н.А., Туханова Н.Т., Шин А.Л., Сутягин В.В., Кислицын Ю.В., Ковалёва Г.Г., // Алматы: 2024. – 28 с.

**ISBN 978-601-305-630-2**

Методические рекомендации разработаны коллективом авторов как материал для использования при реагировании и прогнозировании на эмерджентные инфекции медицинскими работниками лечебно-профилактической службы, специалистов лабораторий, эпидемиологов.

В методических рекомендациях рассмотрены вопросы скоординированной системы реагирования на вспышки эмерджентных инфекций, действия различных служб реагирования, и их прогнозирование.

**УДК: 614.446**

**ББК: 5.51**

Утверждено и разрешено к изданию типографским способом Национальным научным центром развития здравоохранения им. С. Каирбековой Министерства здравоохранения Республики Казахстан (протокол заседания № 508 от «29» ноября 2024 года)

**© Жумадилова З.Б., Вилкова А.Н., Туребеков Н.А., Туханова Н.Т.,  
Шин А.Л., Сутягин В.В., Кислицын Ю.В., Ковалёва Г.Г., 2024**

## Содержание

Термины и определения.....	4
Перечень сокращений и обозначений .....	5
Введение.....	6
1. Реагирование на возникновение и распространение эмерджентных инфекций.....	8
2. Прогнозирование возникновения и распространения эмерджентных инфекций.....	16
Заключение.....	26
Список использованных источников.....	27

## Термины и определения

Аналитический этап – все процессы внутри лаборатории, до постаналитического этапа.

Биологическая безопасность, биобезопасность – состояние защищенности людей и отдельных компонентов природной среды (атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земной поверхности и почвенного слоя, растительного и животного мира и иных организмов (далее – отдельные компоненты природной среды) от опасных биологических факторов, в том числе обеспечиваемое мерами биологической защиты.

Биологический риск – вероятность причинения вреда здоровью людей, животных, растениям патогенными биологическими агентами, а также вероятность их попадания в отдельные компоненты природной среды.

Боксы (Шкафы) биологической безопасности – это специально сконструированное шкаф / бокс, защитное устройство для защиты оператора и окружающей среды от биологических опасностей за счет использования направленного потока воздуха и воздушных фильтров. Служит для создания беспылевой / безмикробной воздушной среды с ламинарным воздушным потоком для безопасной работы с культурами клеток и патогенами.

Дезинфицирующие средства – химические средства, способные уничтожать или подавлять патогенные жизнеспособные биологические агенты на поверхностях или в жидких отходах.

Нозокомиальные инфекции - инфекционные заболевания различной этиологии, возникшие у пациента или медицинского сотрудника в связи с пребыванием в лечебно-профилактическом учреждении.

Обеззараживание, деконтаминация, дезинфекция – процедура по уничтожению или ослаблению патогенных микроорганизмов и токсинов до безопасного уровня, предупреждающего передачу инфекции или иные неблагоприятные последствия.

Оценка биологического риска – процесс оценки биологического риска, обусловленного его биологической опасностью, учитывающий адекватность существующих механизмов контроля, а также включающий принятие решений о том, является ли данный биологический риск приемлемым или нет

Патогенный биологический агент (патоген) – любой микроорганизм, включая генетически модифицированные организмы, клеточные культуры и эндопаразиты, которые могут вызвать какую-либо инфекцию, аллергическую или токсическую реакцию у людей, животных или растений.

Постаналитический этап – включает валидацию результатов исследований, оценку их достоверности, интерпретацию результатов с оформлением заключения, передачу результатов лечащему врачу или пациенту.

Преаналитический этап – комплекс мероприятий (процессов и действий), выполняемый от момента назначения лабораторных исследований до начала проведения аналитического процесса

Стандартная операционная процедура (СОП) – Набор письменных инструкций, описывающих рутинные или многократно используемые методы и процессы, используемые в организации.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – материальные средства, включая спецодежду (например, халат, медицинский костюм, перчатки, респираторы, защитные очки, комбинезон, защитная обувь), используемые с целью предотвращения воздействия или контаминации людей веществами химического или биологического происхождения.

Экзотические инфекции - (от греч. *exotikos* — иноземный, чужой), заразные болезни, не встречающиеся на территории той или иной страны и возникающие вследствие заноса из других стран.

Эндемичные инфекции – это заболевание, характерное для определённой местности.

## Перечень сокращений и обозначений

БББ	– Бокс биологической безопасности
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
КИЗ	– Кабинет инфекционных заболеваний
КСЭК	– Комитет санитарно-эпидемиологического контроля
ООИ	– Особо опасная инфекция
ПБА	– Патогенный биологический агент
СИЗ	– Средства индивидуальной защиты
СОП	– Стандартная операционная процедура
США	– Соединенные Штаты Америки
ЦРБ	– Центральная районная больница
ЧС	– Чрезвычайная ситуация
GIS (ГИС)	– Географические информационные системы
SEIRDVQS	– <i>S</i> (Susceptible) – количество восприимчивых к заболеванию лиц. Это означает, что человек еще не болел и может заразиться. <i>E</i> (Exposed) – лица, которые уже заражены, но еще не проявляют симптомов болезни. <i>I</i> (Infected) – инфицированные (заболевшие). Лица в этом состоянии могут передать инфекцию другим восприимчивым индивидуумам. <i>R</i> (Recovered) – выздоровевшие лица. <i>D</i> (Dead) – лица, умершие от инфекционного заболевания. <i>V</i> (Vaccinated) – количество вакцинированных лиц. <i>Q</i> (Quarantined) – лица, помещенные на карантин. <i>S</i> в конце, означает, что лица перенесшие заболевания, после фиксированного временного иммунитета, опять возвращаются в группу восприимчивых.

## Введение

В последние десятилетия, в связи с глобальными процессами на планете, эмерджентные инфекции превратились в проблему международного масштаба, а список болезней, которые можно отнести к этой группе, постоянно пополняется новыми нозологическими формами. Возбудители эмерджентных инфекций являются гетерогенными с точки зрения этиологии заболеваний, механизмов передачи и возможных путей распространения среди населения.

Появление «эмерджентных инфекций» обусловило озабоченность мировой общественности проблемами биологической безопасности. Рассматривая феномен эмерджентных инфекций, следует отметить высокую динамичность процессов адаптации различных патогенов в неблагоприятных условиях внешней среды. Поэтому микроорганизмы даже с весьма ограниченным ареалом распространения способны в короткие сроки превращаться в возбудителей острых инфекций с тяжелым течением и высоким процентом летальных исходов.

Актуальность разработки системы прогнозирования и реагирования на эмерджентные инфекции обусловлена рядом факторов, связанных с глобальными изменениями, влияющими на здоровье человечества. Вот основные причины, по которым такие системы необходимы:

1. Увеличение частоты появления новых инфекций. Эмерджентные инфекции (новые и повторно возникающие заболевания) появляются с возрастающей частотой. В последние десятилетия были зарегистрированы вспышки таких инфекций, как SARS, MERS, вирус Эбола, вирус Зика и COVID-19. Эти вспышки нередко приводят к значительным социальным и экономическим последствиям, а также к глобальным эпидемиям [1, 2].

2. Глобализация и миграция. Современные средства транспорта и глобализация увеличили скорость и объём перемещений людей, животных и товаров по всему миру. Это способствует быстрому распространению инфекций, которые могут появляться в одном регионе и в кратчайшие сроки распространяться по всему миру. Системы прогнозирования могут помочь предотвратить неконтролируемое распространение заболеваний через эффективное мониторинговое и раннее предупреждение [3, 4].

3. Изменение климата и экологии. Изменение климата и антропогенное воздействие на экосистемы способствуют изменению среды обитания возбудителей инфекций и их переносчиков. Например, изменение температуры и уровня осадков влияет на распространение комаров, переносящих такие болезни, как малярия или лихорадка денге. Важно учитывать эти экологические изменения при прогнозировании инфекционных рисков [5, 6].

4. Недостаточная подготовленность здравоохранительных систем. Пандемия COVID-19 продемонстрировала, что даже высокоразвитые здравоохранительные системы могут быть не готовы к масштабным вспышкам заболеваний. Прогнозирование инфекций позволит лучше подготовить

медицинские учреждения, обеспечить необходимый уровень защиты и координацию действий на всех уровнях [7].

В эпидемиологии эмерджентность означает чрезвычайные ситуации микробиологической природы – от серьезных заболеваний животных и человека до возникновения связанных с этими событиями тяжелых социально-экономических последствий для страны [8]. Эмерджентные и возвращающиеся инфекционные заболевания – понятия идентичные, в случаях, если возвращающиеся инфекционные заболевания способны вызывать чрезвычайные ситуации в сфере общественного здравоохранения.

В настоящее время существует несколько определений эмерджентных инфекций.

Эмерджентные инфекции – (английское – emergency – непредвиденность, чрезвычайность, необычность) это инфекционные заболевания, которые внезапно возникают в новых популяциях или распространяются в новых областях, где ранее они не были обнаружены, или проявляют новые характеристики в связи с изменениями в микробиологических, экологических, социальных или глобальных условиях. Они могут быть вызваны мутациями существующих патогенов, переходом патогенов от животных на человека (зоонозы), изменениями в жизненном цикле вирусов или бактерий, изменениями во взаимодействии между людьми и окружающей средой, а также другими факторами [9, 10].

В настоящее время разработка систем прогнозирования и реагирования на эмерджентные инфекции – это не только необходимость для защиты здоровья населения, но и важный элемент глобальной безопасности. Инвестиции в такие системы помогут минимизировать последствия вспышек заболеваний, предотвратить пандемии и обеспечить готовность мирового сообщества к борьбе с новыми инфекционными угрозами.



## **1. Реагирование на возникновение и распространение эмерджентных инфекций**

Проведение постоянного мониторинга заболеваемости на международном, национальном и региональном уровнях позволяет своевременно выявить и локализовать инфекции.

Для некоторых инфекций (чума, лихорадки Эбола, Марбурга и др.) выявление даже одного больного является проявлением чрезвычайной ситуации (ЧС) в области здравоохранения и требует немедленного проведения мероприятий, направленных на локализацию и ликвидацию очага.

Действия по предотвращению распространения эмерджентных инфекций, реализуют следующие меры:

1. Вводится в действие комплексный план (районный, областной уровни) с организацией медицинского штаба.

2. Организуется работа следующих служб:

- Эпидемиологическая служба, ответственна за: проведение эпидемиологического расследования каждого случая заболевания; введения ограничений;

- Профилактическая служба, ответственна за: проведение медицинского наблюдения, санитарно-просветительскую работу, зоопаразитологическую работу (истребление носителей и переносчиков), ветеринарный надзор, обсервацию;

- Лабораторная служба, ответственна за: проведение бактериологических, вирусологических, серологических, биологических, паразитологических, молекулярно-генетических и клинических исследований;

- Лечебная служба, ответственна за: развертывание и работу инфекционного госпиталя, провизорного госпиталя и изолятора;

- Административно-хозяйственная служба, ответственна за: работу транспорта, связи, питания, охраны порядка, за снабжение необходимым имуществом всех служб и групп, задействованных в ликвидации очага.

В качестве примера рассмотрим механизм реагирования:

1) При вспышке гриппа: массовая вакцинация, социальное дистанцирование, использование средств индивидуальной защиты, лечение осложнений.

2) При вспышке кишечной инфекции: дезинфекция источников водоснабжения, контроль качества пищевых продуктов, санитарно-просветительская работа.

3) При вспышке зоонозной инфекции: ограничение контактов с животными, дезинфекция мест обитания животных, утилизация больных животных и уничтожение эктопаразитов.

Эффективное реагирование на вспышки инфекционных заболеваний требует разработки своевременного обнаружения и четко структурированных алгоритмов действий. Алгоритмы должны быть гибкими, адаптируемыми к

различным сценариям и способными быстро мобилизовать необходимые ресурсы [11].

Для разработки эффективных алгоритмов необходимо детально классифицировать возможные сценарии вспышек. Классификация может осуществляться по следующим параметрам:

- Возбудитель: (Вирусы, бактерии, грибы, паразиты). Каждый тип возбудителя имеет свои особенности передачи, патогенеза и, соответственно, требует специфических мер контроля.

- Механизм передачи: воздушно-капельный, фекально-оральный, контактный, трансмиссивный (через переносчиков).

- Скорость распространения: быстро распространяющиеся инфекции (например, грипп) требуют более оперативных мер реагирования, чем медленно распространяющиеся (например, малярия).

- Масштаб вспышки: локальные, региональные, национальные или глобальные вспышки требуют разных уровней мобилизации ресурсов.

- Источник инфекции: эндемичные, экзотические, нозокомиальные инфекции.

- Группы риска: дети, пожилые люди, беременные женщины, лица с иммунодефицитами.

Обеспечение выявления случаев инфекционного заболевания в целях ограничения риска передачи инфекции, лежит на специалистах учреждений первичной медико-санитарной помощи.

Следует помнить, что проведение первичных противоэпидемических мероприятий аналогичны при выявлении больных на любые особо опасные инфекции. Во всех медицинских учреждениях существует схема оповещения на случай выявления больного с подозрением на ООИ, в которой указаны все задействуемые службы.

### **Алгоритм реагирования на выявление больного с подозрением на эмерджентные инфекции.**

*Действия врача поликлиники выявившего больного на приеме.*

Врач, выявивший больного\*:

1. Закрывает входную дверь на ключ;
2. Сообщает по телефону, заведующему отделением все данные о больном, на основании каких данных поставлен диагноз, «активно» запрашивает на себя (врач по телефону указывает информацию о необходимом количестве и типе защитной одежды, какие лекарственные препараты для оказания медицинской помощи и в каком количестве необходимы) комплекты защитной одежды I типа, комплект средств индивидуальной экстренной профилактики и дезинфицирующие средства;
3. Продолжает осмотр больного и сбор эпидемиологического анамнеза;
4. По получении защитной одежды, средств экстренной индивидуальной профилактики, дезинфекционных средств приступает к надеванию защитной

одежды, предварительно обработав открытые участки кожных покровов ватным тампоном, смоченным в 70% этиловом спирте, в слизистые глаза и носа закапывается 0,05% раствор перманганата калия, рот и горло прополаскиваются 70% этиловым спиртом. Все отходы помещает в «емкость для сбора отработанного материала». После одевания защитной одежды при необходимости продолжает работу с больным.

*\* - если на приеме находится и медицинская сестра, то она выполняет те же действия.*

#### *Действия дезинфекционной бригады*

1. По получении указания от руководства (КСЭК) специалисты дезинфекционной службы готовят соответствующие растворы дезинфицирующих средств и необходимое количество обтирочного материала, емкостей для сбора отработанного материала;

2. Надевают противочумный костюм 1-го типа (при вирусных геморрагических лихорадках с дополнительной парой перчаток, прорезиненным фартуком, нарукавниками и защитным экраном);

3. Выезжают в очаг инфекционного заболевания и проводят дезинфекцию от входной двери в медицинское учреждение и по ходу движения выявленного больного до кабинета врача (коридоры, регистратура, лестничные марши и т.д.), а также по ходу эвакуации больного, обрабатывая пол и стены на высоту человеческого роста;

4. В кабинете, где выявлен больной, проводят дезинфекцию пола, стен. Мебель и документы протирают смоченными в дезинфицирующем растворе салфетками.

5. По окончании проведения заключительной дезинфекции снимают защитную одежду, упаковывают, либо дезинфицируют ее на месте в соответствующих емкостях.

#### *Действия эвакуационной бригады*

Бригада по эвакуации больного с места его выявления организуется на станции скорой медицинской помощи или отделении скорой медпомощи Центральной районной больницы (далее ЦРБ).

1. Бригада одевается в противочумный костюм 1 типа и выезжает к месту выявления больного (при выезде на значительное расстояние защитная одежда одевается по прибытии на место). В зависимости от состояния больного эвакуация из медучреждения до автотранспорта проводится на носилках или пешим ходом. Во время эвакуации при необходимости больному оказывается соответствующая помощь.

2. После эвакуации больного в инфекционный стационар автомобиль направляют на площадку для дезинфекции транспорта.

#### *Действия в инфекционном стационаре*

1. Ответственные сотрудники инфекционного стационара определяют боксированную палату для госпитализации. В случае поступления нескольких больных разворачивается инфекционный госпиталь согласно оперативному плану;

2. Бокс обеспечивается достаточным количеством медицинских препаратов для этиотропной и патогенетической терапии, дезинфекционными средствами, комплектом для забора проб, СИЗ;

3. После госпитализации больного проводится отбор проб для лабораторного исследования с соответствующей их упаковкой, заполнением необходимых документов и отправкой, после чего начинается лечение больного. Заполняется вся необходимая документация.

Лабораторная деятельность состоит из следующих этапов: преаналитического (забор клинических образцов, упаковка и транспортировка образцов), аналитического (приём образцов, подготовка к исследованию и исследование включая деконтаминацию и утилизацию) и постаналитический (интерпретация результатов и передача информации заинтересованным организациям).

### **Забор клинических образцов (в зависимости от патогена).**

Нарушение правил забора биологического материала приводит к недостоверным результатам лабораторных исследований. Требования к взятию биологического материала:

1. При заборе биологического материала необходимо использовать соответствующие СИЗ с учётом оценки биологического риска и с учетом места максимальной локализации возбудителя и возможных путей его выделения в окружающую среду;

2. Необходимо чётко соблюдать фазы (периоды) и сроки заболевания при взятии биологического материала на исследование;

3. Биологический материал для исследования должен быть взят в достаточном объеме, в условиях, исключающих контаминацию.

4. Взятие биологического материала для бактериологического и вирусологического исследований должно производиться строго до начала приема антибактериальных и противовирусных препаратов или не ранее, чем через 10-14 дней после их отмены.

5. Отобранный биологический материал должен быть надлежащим образом промаркирован и заполнены соответствующие сопроводительные документы;

6. Контейнеры для транспортировки материала должны обеспечивать герметичность, стерильность, целостность образцов, а также – исключать при открытии образование аэрозоля [7].

Так, например:

- при возникновении вспышки воздушно-капельной эмерджентной инфекции местом максимальной локализации возбудителя будут являться полость носа и ротоглотка, именно из этих мест необходимо производить забор биологического материала, чтобы лабораторно достоверно подтвердить клинический диагноз.

- при наличии вспышки контактной эмерджентной инфекции, местами максимальной локализации патогена может являться кожа (сыпь, язвы,

корочки), кровь, локально увеличенные лимфатические узлы, именно из этих мест необходимо производить взятие биологического материала в данном случае.

### Упаковка образцов

Транспортировка патогенов и инфекционного материала требует выполнения принципа «тройной упаковки» (рисунок 1).

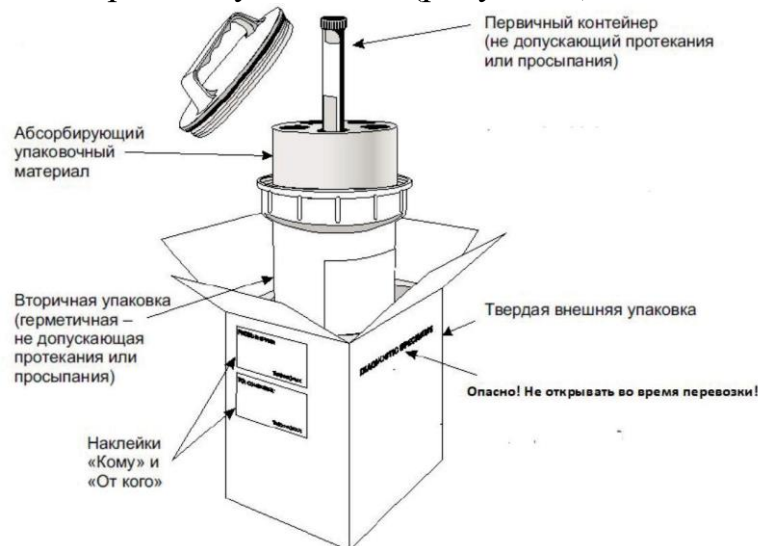


Рисунок 1 – Тройная упаковка.

Тройная упаковка:

1) первичный контейнер – герметичный водонепроницаемый маркированный контейнер / пробирка / флакон; жидкости требуют упаковки с абсорбирующим материалом, способным поглотить весь объем в случае утечки.

2) вторичный контейнер – также должен быть герметичным и закрывать первичный контейнер. Для прочной фиксации первичного контейнера во вторичном, может потребоваться амортизация. Во вторичный контейнер можно поместить несколько первичных сосудов, если перевозимые вещества относятся к одному и тому же классу. Если сосуды хрупкие, каждый из них должен быть индивидуально обернут или дополнен амортизирующей прокладкой для предотвращения контакта.

3) внешняя упаковка – прочный термоизолирующий контейнер, при необходимости с хладоэлементами. Внешняя упаковка должна защищать вторичный контейнер от повреждений. Она должна иметь соответствующие размеры и прочность, чтобы вместить первичный и вторичный контейнеры.

Между вторичной и внешней упаковкой, помещают сопроводительные документы.

Наружная упаковка имеет этикетку с указанием Отправителя, Получателя, знак – «Опасно! Не открывать во время перевозки» и условия транспортировки.

При распаковке посылки проводится обработка транспортировочных контейнеров, биксов и др. емкостей дезинфицирующим раствором.

## **Прием образцов и управление данными пациентов**

### *Прием образцов*

Зона приема образцов должна быть:

- оснащена всем оборудованием и СИЗ, необходимыми для безопасного приема, оценки и сортировки образцов, поступающих в лабораторию;
- обеспечена необходимыми дезинфицирующими средствами с корректным сроком годности;
- предусмотрен процесс изоляции любых предметов, упакованных ненадлежащим образом или с нарушением герметичности;

Сотрудники лаборатории при приеме образцов должны тщательно осматривать контейнеры и сопроводительную документацию, для того чтобы убедиться в безопасности упаковки и корректном заполнении сопроводительных документов.

Затем необходимо определить целостность вторичной упаковки. Если упаковка целая, без видимых следов повреждения и протекания образцы принимаются в лабораторию, для дальнейшего исследования. Если на вторичной упаковке обнаружены следы протекания ее необходимо немедленно деконтаминировать.

Следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить этикетки / надписи / маркировки на контейнерах с образцами во время любых рутинных процессов дезинфекции.

Вскрытие вторичного контейнера необходимо проводить в боксе биологической безопасности (БББ). После вскрытия вторичного контейнера следует визуальную оценить целостность первичной упаковки.

Образцы следует зарегистрировать (например, им должен быть присвоен уникальный идентификационный номер лаборатории) и отсортировать для дальнейшей обработки в рамках рабочего процесса лабораторной диагностики, а соответствующая информация о пациенте должна быть введена в систему управления данными.

Для проведения надлежащей упаковки маркировки транспортировке образцов для всего задействованного персонала необходимо провести тренинг.

### **Инактивация образцов**

Строгое соблюдение протоколов инактивации и дезинфекции необходимо для защиты сотрудников лаборатории и окружающей среды. Биологические образцы должны быть распакованы, разделены на аликвоты и подготовлены для анализа в БББ.

Персонал должен надевать СИЗ перед входом в лабораторию, и снимать их при выходе в соответствии со строгим протоколом и мерами по контролю биологического риска, чтобы предотвратить внутрилабораторное заражение.

При необходимости использования центрифуги, центрифугирование может выполняться в герметичных стаканах для центрифугирования за пределами БББ для больших объемов или внутри БББ для малых объемов. При центрифугировании за пределами БББ предпочтительнее использовать центрифугу с герметичным ротором.

В зависимости от техники обнаружения возбудителя определенный объем образца переносится в новую пробирку и инактивируется. Оставшийся образец можно хранить в лаборатории на случай повторения анализа и для хранения патогена. Образцы или аликвоты образцов должны быть инактивированы с помощью валидированных процедур. Процедуры инаktivации следует регулярно пересматривать и корректировать в соответствии с новыми научными доказательствами. Если используется термообработка, то температуру следует проверять с помощью дублирующей пробирки с термометром. Наружную часть пробирки с инактивированным образцом следует тщательно продезинфицировать.

### **Выбор метода диагностики (исследование образцов)**

С самого начала вспышки эмерджентной инфекции необходимо тщательно подходить к выбору диагностических исследований, которые можно использовать, с учетом диагностической чувствительности и специфичности, времени обработки образцов, биобезопасности и эксплуатационной пригодности. В процессе отбора необходимо соблюдать согласованность стратегий исследования во всех лабораториях. Без ущерба для биобезопасности лабораторий необходимо разработать стратегии, позволяющие справиться с возможностью поступления большого количества образцов от пациентов.

Лаборатории должны быть обеспечены достаточным количеством лабораторных расходных материалов, реагентов и СИЗ.

Работа с образцами и веществами (например, кровью или другими жидкостями организма), предположительно или заведомо содержащими инфекционные патогены, представляет собой основной опасный фактор в лаборатории. Этапы рабочего процесса, требующие вскрытия флаконов и переноса жидкости между контейнерами (например, с помощью пипетки), должны быть сведены к минимуму, независимо от используемой стратегии сдерживания распространения.

Центрифугирование инфекционных материалов следует проводить в центрифугах с герметичным воздухонепроницаемым ротором. Необходимо свести к минимуму манипуляции с жизнеспособными патогенами.

### **Деконтаминация и утилизация отходов**

Для каждой лаборатории должна быть разработана политика, в которой подробно описывается порядок деконтаминации оборудования, расходных материалов и лабораторных отходов после использования. При оценке риска необходимо учитывать опасность патогена и доступные методы деконтаминации.

#### *Деконтаминация.*

Деконтаминация чаще основана на применении жидких дезинфицирующих средств. Следует соблюдать осторожность и использовать только свежеприготовленные препараты в соответствующих концентрациях, согласно рекомендаций производителя и соблюдением времени экспозиции.

При работе с дезинфицирующими средствами необходимо использовать СИЗ и соблюдать осторожность, во избежание попадания высоких концентраций дезинфицирующего средства в окружающую среду.

Все отходы должны деконтаминироваться в лаборатории, чтобы избежать транспортировки инфекционных отходов высокого риска.

#### *Утилизация отходов.*

Перед процедурой утилизации отходы должны быть правильно и безопасно упакованы для временного хранения и транспортировки. Мешки для отходов и контейнеры для острых предметов следует заполнять не больше чем на 1/3 его объема. Чтобы обеспечить полное сжигание всех отходов, следует контролировать этот процесс.

Необходимо учитывать воздействие окончательной утилизации отходов на окружающую среду и население (например, дезинфицирующие химические вещества, газы, образующиеся при сжигании), и следует сделать все возможное, чтобы свести это воздействие к минимуму.

Для получения информации и определения мер по нераспространению и локализации эмергентной инфекции необходимо проведение оценки биологических рисков.

#### **Оценка биологических рисков на основе матрицы при возникновении угрозы завоза**

Для прогнозирования возникновения и распространения эмерджентных инфекций разработана матрица. Данная матрица позволяет оценить биологические риски в случае завоза и распространения эмерджентных инфекций на территории РК, путем подсчета баллов выбранных предикторов. Предикторы в матрице представлены как факторами биотической и абиотической природы, так и социальными, а также факторами, описывающими готовность лечебно-профилактической сети. В случае необходимости (в зависимости от инфекционного агента) предикторы могут быть изменены и/или дополнены.

Матрица и пример ее заполнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Бальная матрица оценки биологических рисков территории

№	Предиктор	Баллы				Результат
		1	2	3	4	
1	Группа патогенности возбудителя болезни				1	
2	Наличие воздушно-капельного механизма передачи				1	
3	Наличие на территории носителей инфекции				0	
4	Численность носителей инфекции				0	



Продолжение таблицы 1

5	Наличие на территории переносчиков инфекции				1	
6	Численность переносчиков инфекции		1			
7	Наличие благоприятных климатических условий для сохранения возбудителя				1	
8	Наличие благоприятных географических условий для сохранения возбудителей				0	
9	Наличие сибиреязвенных захоронений на территории				0	
10	Наличие местного аэропорта				1	
11	Наличие международного аэропорта				0	
12	Наличие ж/д вокзала (местные направления)				1	
13	Наличие ж/д вокзала (международные направления)				1	
14	Наличие автотрассы международного значения				0	
15	Наличие специфических лекарственных средств, для лечения инфекции				1	
16	Наличие достаточного количества СИЗ для медицинских работников и местного населения				1	
17	Наличие вакцины				0	
18	Наличие инфекционного стационара				0	
19	Достаточное количество койко-мест в стационарах				1	
20	Наличие диагностикумов и тест-систем для диагностики заболевания				1	
<b>Сумма баллов предикторов</b>		0	2	0	44	46

*Правила заполнения матрицы.*

Предикторы, указанные в матрице разделены на 2 группы:

1. Предикторы, оцениваемые по 4-х бальной шкале (предиктор №№1, 4, 6):

Предиктор 1 – при определении группы патогенности возбудителя болезни применяется классификация РК. Наиболее опасные инфекционные агенты

относятся к 1-ой группе, следовательно, им присваивается 4 балла, наименее опасные – к 4-ой группе и им присваивается 1 балл.

Предикторы 4 и 6 – при низкой и очень низкой численности носителей и переносчиков присваивается 1 балл, при средней численности – 2 балла, при высокой – 3 балла, при очень высокой – 4 балла. В случае отсутствия носителей или переносчиков в столбце «4 балла» ставится 0. Численность носителей (позвоночных животных) и переносчиков (членистоногие) проводятся согласно инструктивно-методическим документам [12, 13, 14]. Для заполнения матрицы применяется следующая градация:

Численность большой песчанки:

до 100 зверьков на кв. км – очень низкая численность; 101-500 зверьков на кв. км – низкая; 501-1000 зверьков на кв. км – средняя; 1001-2000 зверьков на кв. км – высокая и более 2000 зв. на кв. км – очень высокая численность.

Численность прочих грызунов (малые песчанки, серые крысы, полевки, мыши домовые) можно определить двумя методами:

1. Метод ловушко-ночей или капкано-ночей (в поле и населенных пунктах). Высчитывается процент попадаемости в ловушки (количество выставленных ловушек 100%). До 1% попадания в ловушки – очень низкая численность; 1,1-5,0 – низкая; 5,1-10,0% - средняя; 10,1-20,0% - высокая и более 20,0% - очень высокая численность.

2. Метод посещения площадок грызунами на единицу площади. Посещение площадок грызунами на 1000 кв.м заселенных ими строений определяют путем деления числа всех площадок, посещенных грызунами, на общую площадь строений: менее 1,0 – низкая численность; 1,1-5,0 – средняя; более 5,1 – высокая и очень высокая.

Численность блох большой песчанки

до 15000 экземпляров на кв. км – очень низкая численность; 15001-30000 на кв. км – низкая; 30001-60000 на кв. км – средняя; 60001-120000 на кв. км – высокая; более 120000 на кв. км – очень высокая.

При невозможности провести учет численности блох, необходимо провести оценку по обилию блох на большой песчанке:

1-5,0 экземпляров блох на 1 грызуна – очень низкий индекс обилия; 5,1-10,0 – низкий; 10,1-30,0 – средний; 30,1-50,0 – высокий; более 50,0 – очень высокий

Оценка обилия блох на мелких мышевидных грызунах (малые песчанки, серые крысы, полевки, мыши домовые)

0-0,3 экземпляров блох на 1 грызуна – очень низкий индекс обилия; 0,4-1,0 – низкий; 1,1-3,9 – средний; 4,0-10,0 – высокий; более 10,0 – очень высокий.

При отсутствии градация численности для некоторых позвоночных (перелетных птиц, рукокрылых) и эктопаразитов (клещи, комары, москиты) специалист может применить экспертную оценку численности на основании своего опыта и многолетних полевых наблюдений путем сравнения полученных результатов с данными предыдущих учетов, что позволяет определить уменьшение или увеличение численности данного вида.

2. Предикторы, оцениваемые по 2-х бальной шкале – да/нет (предиктор №№2, 3, 5, 7-15, 17). В столбце «4 балла» ставится 1, если ответ на вопрос утвердительный и 0, если ответ отрицательный. Например, предиктор 2 – наличие воздушно-капельного механизма передачи: да – ставится 1, нет – 0.

Для предикторов №№ 16, 18-20 действует обратное правило: если ответ на вопрос утвердительный ставится 0, если ответ отрицательный – 1. Например, предиктор 16 - наличие достаточного количества СИЗ для медицинских работников и местного населения: да – ставится 0, нет – 1.

Во избежание ошибок, при автоматическом расчете баллов (например, в Excel), рекомендуется не заполняемые ячейки оставлять пустыми.

*Правила расчетов баллов.*

Для расчета суммы баллов количество баллов в столбце умножается на значение балльности колонки, например, количество баллов в столбце 1 умножается на 1, количество баллов в столбце 2 умножается на 2, количество баллов в столбце 3 умножается на 3, количество баллов в столбце 4 умножается на 4.

Далее подсчитывается сумма баллов предикторов по формуле:

$$\sum (P) = \sum_p * B$$

где,  $\sum_p$  – сумма предикторов в столбце

$B$  – значение балльности в столбце

Затем, непосредственно рассчитывается уровень риска по формуле:

$$R = \frac{\sum P}{\sum K}$$

где,  $\sum P$  - сумма баллов предикторов

$\sum K$  - сумма всех предикторов

*Учет результатов.*

Значение уровня риска:

- до 1 – низкий риск;
- от 1 до 2 – средний риск;
- от 2 до 3 – высокий риск;
- от 3 до 4 – очень высокий риск.

В вышеприведенной матрице, для оценки биологического риска новой неизвестной инфекции на территории города N... уровень риска  $R$  равен  $46/20=2,3$  – высокий уровень биологического риска. Что связано с определенными факторами: отнесение возбудителя к 1 группе патогенности, наличие воздушно-капельного механизма передачи, отсутствие специфических средств лечения и вакцинации и т.д.

## **2. Прогнозирование возникновения и распространения эмерджентных инфекций**

Прогнозирование (моделирование) распространения эмерджентных инфекций следует проводить на основе математических статистических моделей и аналитических методов.

Чаще всего для построения прогнозов распространения инфекционных заболеваний используются стандартные статистические процедуры с определением предикторов, которые могут играть значимую роль в распространении инфекций и воздействии на здоровье населения. При этом, определение коэффициентов корреляции Пирсона, Спирмена, линейный и нелинейный регрессионный анализ, модели ARIMA и SARIMA, алгебраическая модель конструктивной логики, метод максимальной энтропии, нейросетевые модели и Байесовские подходы неприемлемы для моделирования эмерджентных инфекций по ряду причин:

1) при прогнозировании развития эпидемиологической ситуации требуется динамический ряд наблюдения (не менее 5-10 лет) за заболеваемостью людей на территории Республики Казахстан, чтобы определить взаимосвязь заболеваемости и показателями биотической (например, численностью носителей и переносчиков) и абиотической природы (температура, влажность, количество осадков и т.д.) за аналогичный период.

2) методики, основанные на картографировании – метод максимальной энтропии, GIS, требуют присутствие возбудителя в географическом пространстве, основываясь на точках регистрации возбудителя на определенной территории, что также невозможно, из-за отсутствия таких данных на территории Республики Казахстан.

Всех этих недостатков лишены так называемые компартментарные модели, сформулированные в виде детерминированных дифференциальных уравнений. В настоящее время эти методы являются основным инструментом в изучении процессов распространения заболеваний, так как обеспечивают точные прогнозы протекания эпидемий в больших популяциях [15]. Одна из самых распространенных базовых моделей это SIR модель, суть которой заключается в том, что все население разделяется на три группы: уязвимых – тех, кто может быть инфицирован (Susceptible), собственно инфицированных (Infected) и переболевших (Recovered) и составляются дифференциальные уравнения, описывающие взаимодействие между разными группами. В более сложных моделях учитываются различные дополнительные факторы, такие как выработка или потеря иммунитета (SIRS модель) [16], учет инкубационного периода болезни (так называемая SEIR модель) [17], смертность от заболевания (SIRD модель) [18, 19] и т.п. Положительным фактором подобных моделей служит возможность включить в модель влияние факторов медицинского и эпидемиологического контроля – изоляция, ношение масок, карантин, вакцинация [20, 21, 22].

В связи с этим, на базе SIR модели, разработана модель SEIRDQVS, которая одновременно позволяет учитывать: количество инфицированных лиц; инкубационный период болезни; количество изолированных лиц, находящихся на карантине для предотвращения распространения инфекции; количество умерших от инфекции; количество вакцинированных; количество лиц, имеющих иммунный ответ после перенесенного заболевания. В данной модели, путем изменения коэффициента  $\beta$  (коэффициент или скорость передачи инфекции) возможно моделировать (прогнозировать) влияние таких факторов, как социальное дистанционирование (карантин), применение средств индивидуальной защиты (медицинские маски), гигиенические процедуры (мытьё рук, домашняя дезинфекция).

Математические формулы для расчета изменения количества лиц в каждой группе во времени, следующие:

$$dS/dt = S - \beta SI/N + \xi R - \nu S$$

$$dE/dt = E + \beta SI/N - \alpha E$$

$$dI/dt = I + \alpha E - \gamma I - \delta I - qI$$

$$dR/dt = R + \gamma I - \xi R + \gamma Q$$

$$dD/dt = D + \delta I$$

$$dV/dt = V + \nu S$$

$$dQ/dt = Q + qI - \gamma Q$$

где,

$\beta$  - коэффициент (или скорость) передачи инфекции - среднее количество контактов на человека за раз, умноженное на вероятность передачи болезни при контакте между восприимчивым и инфекционным субъектом - например, если в среднем инфицированный человек контактирует с 5 людьми в день и вероятность их заражения составляет 50%, то  $\beta = 5 * 0,5 = 2,5$ .

$\gamma$  - коэффициент (или скорость) выздоровления - например, если в среднем люди заразны в течение 8 дней, то коэффициент выздоровления составляет  $1/8$  (0,125).

$\alpha$  - коэффициент (или скорость) перехода из состояния E в состояние I (обратная величина инкубационного периода) - например, если в среднем инкубационный период составляет 21 день, то коэффициент  $\alpha$  равен  $1/21$  (0,05).

$q$  - доля инфекционных индивидов переходит в состояние карантина за единицу времени, например, если  $q = 0,2$ , это означает, что в среднем 20% инфекционных людей изолируются каждый день.

$\xi$  - скорость повторной восприимчивости (обратная величина периода временного иммунитета, например, если индивидуум после перенесенного заболевания остается невосприимчивым к новому заражению в течении 14 суток, то коэффициент  $\xi$  равен  $1/14$  (0,07).

$v$  - скорость вакцинации - например, если ежедневно вакцинации подлежат 1% населения, то коэффициент  $v$  равен 0,01.

$\delta$  - уровень смертности от заболевания - например, если летальность заболевания составляет 10%, то коэффициент  $\delta$  равен 0,1.

$N$  - общее количество населения ( $S+E+I+R+Q+D+V$ ).

Таким образом, учитывая недостатки стандартных статистических методик при эмерджентных инфекциях (отсутствие динамики наблюдения за развитием инфекции в популяции населения Республики Казахстан и мест обнаружения возбудителей заболеваний) и международный опыт, наиболее приемлемыми являются так называемые компартментарные модели прогнозирования, для построения которых требуются данные полученные на основании опыта изучения не характерных для территории Республики Казахстан инфекций в других странах, для которых данные болезни являются эндемичными или уже имелись случаи завоза (инкубационный период, длительность заболевания, уровень смертности, длительность иммунитета, эффект вакцинации и т.п.).

## **Моделирование распространения эпидемии с помощью модели SEIRDVQS**

### **Порядок работы с программой.**

Перед началом работы, введите в ячейку:

A4 - значение коэффициента  $\beta$ ,

B4 - значение коэффициента  $\gamma$ ,

C4 - значение коэффициента  $\alpha$ ,

D4 - значение коэффициента  $\delta$ ,

E4 - значение коэффициента  $v$ ,

F4 - значение коэффициента  $q$ ,

G4 - значение коэффициента  $\xi$ ,

H4 - количество населения  $N$ ,

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$v$	$q$	$\xi$	$N$
1,25	0,125	0,05	0,1	0,005	0,1	$\frac{0,0}{3}$	10 0000

Далее, в ячейку D7 необходимо внести количество инфицированных в первый день наблюдения, в ячейки C7, E7, F7, G7 и H7 необходимо поставить 0, т.к. в первый день наблюдения, находящиеся в инкубационном периоде, выздоровевшие, умершие, вакцинированные и изолированные отсутствуют.

S	E	I	R	D (Dead)	V	Q
(Susceptible)	(Exposed)	(Infected)	(Recovered)		(Vaccinated)	(Quarantined)
99999	0	1	0	0	0	0

где,

S (Susceptible) – количество восприимчивых к заболеванию лиц. Это означает, что человек еще не болел и может заразиться.

E (Exposed) – лица, которые уже заражены, но еще не проявляют симптомов болезни.

I (Infected) – инфицированные (заболевшие). Лица в этом состоянии могут передать инфекцию другим восприимчивым индивидуумам.

R (Recovered) – выздоровевшие лица.

D (Dead) – лица, умершие от инфекционного заболевания.

V (Vaccinated) – количество вакцинированных лиц.

Q (Quarantined) – лица, помещенные на карантин.

S в конце, означает, что лица перенесшие заболевания, после фиксированного временного иммунитета, опять возвращаются в группу восприимчивых.

После этого все показатели будут изменяться автоматически в зависимости от времени наблюдения (максимально 365 дней). Параллельно строится график изменения показателей S, E, I, R, D, V и Q от времени (рисунок 2).

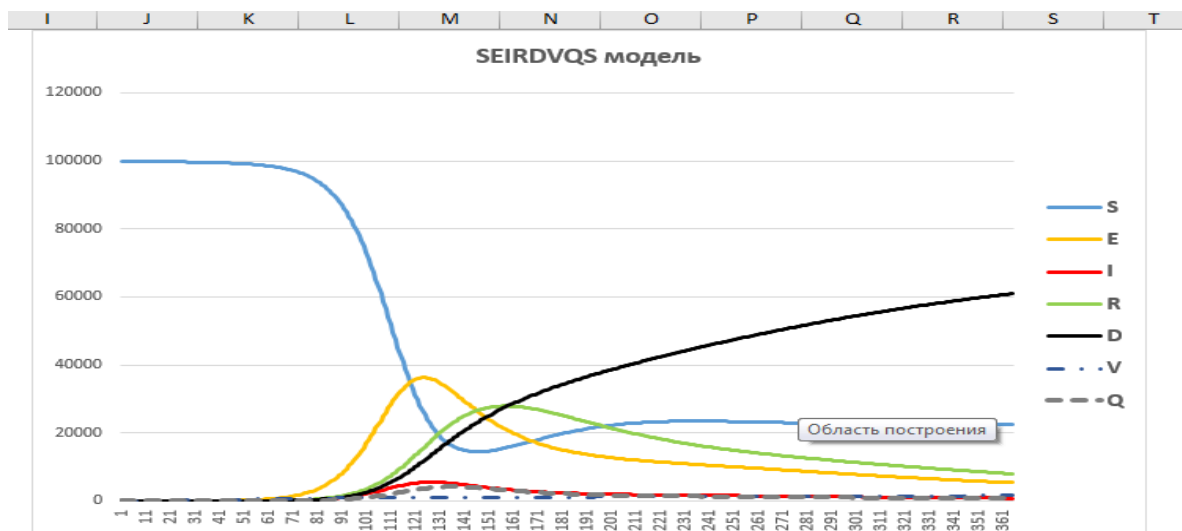


Рисунок 2 – График изменения показателей S, E, I, R, D, V и Q от времени

*Пример прогнозирования эпидемии птичьего гриппа (H5N1) на модели SEIRDVQS*

при следующих начальных условиях (без учета карантинных мер):

- количество населения (N) – 100 000 человек;
- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;
- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 4 до 11 дней (в среднем 2-5 дней), т.е.  $\alpha=1/3=0,333$ ;

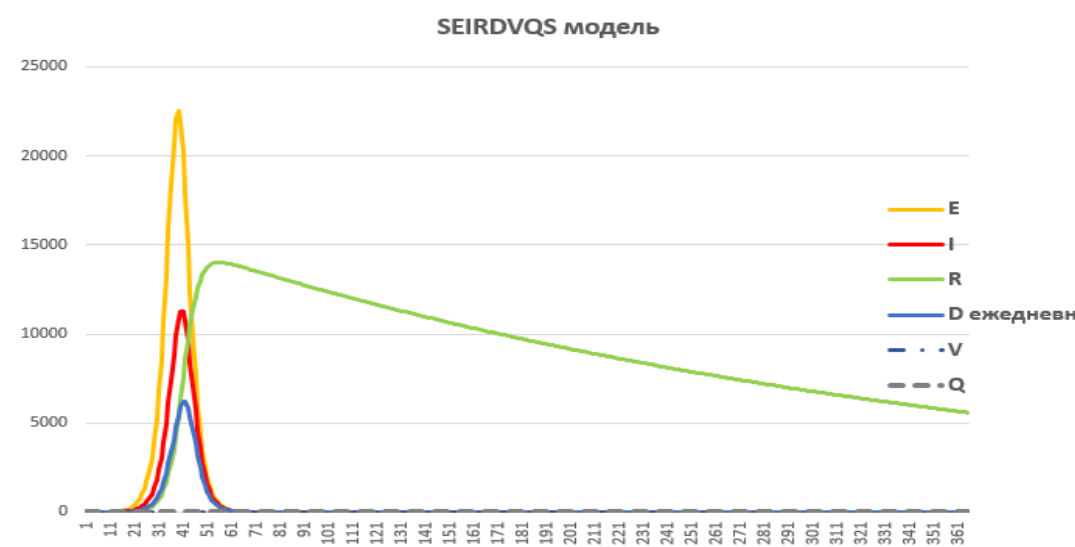
- скорость передачи инфекции  $\beta$  - среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 1,7-2,2, т.е. один инфицированный может заразить приблизительно 2 человека;

- уровень смертности от заболевания  $\delta$  - летальность заболевания составляет не более 55%, следовательно,  $\delta$  равен 0,55;

- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против птичьего гриппа в течение как минимум 5 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;

- скорость выздоровления  $\gamma$  - выздоровление может 1-2 недели, т.е.  $\gamma=1/10=0,1$ .

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$\nu$	$\eta$	$\xi$	N
2	0,1	0,333	0,55	0	0	0,003	100000



При данных условиях, заложенных в модель, прогноз выглядит следующим образом: к 40 дню эпидемии наблюдается максимальное количество инфицированных - 11294 человек (11, 3%); к 41 дню следует ожидать максимальное количество летальных исходов - 6212 (6,2% от всего населения); к 78 дню будет зафиксирован последний больной, т.е. эпидемия прекратится.

*Пример прогнозирования эпидемии лихорадки Эбола на модели SEIRDVQS при следующих начальных условиях:*

- количество населения (N) – 100 000 человек;
- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;
- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 2 до 21 дня (в среднем 10 дней), т.е.  $\alpha=1/10=0,1$ ;



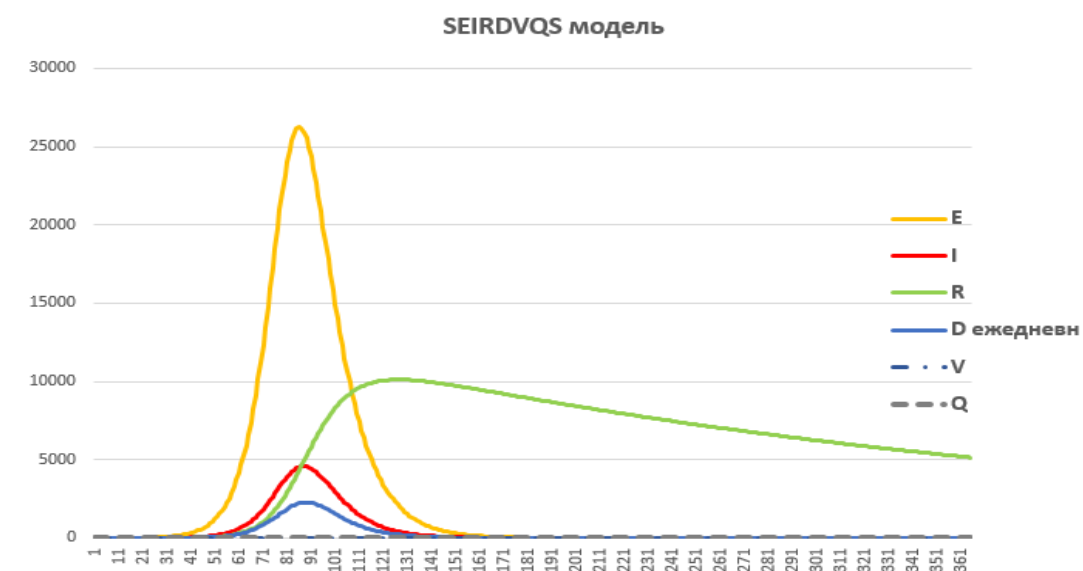
- скорость передачи инфекции  $\beta$  - среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 1,7, т.е. один инфицированный может заразить 1-2 человека;

- уровень смертности от заболевания  $\delta$  – летальность заболевания составляет от 25 до 90% (в среднем взяли 50%), следовательно,  $\delta$  равен 0,5;

- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против возбудителя Эбола в течение как минимум 10 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;

- скорость выздоровления  $\gamma$  – выздоровление может начаться между 7 и 14 днями после первых симптомов, т.е.  $\gamma=1/14=0,07$ .

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$\nu$	$\eta$	$\xi$	N
1,7	0,07	0,1	0,5	0	0	0,003	100000



При данных условиях, заложенных в модель, прогноз выглядит следующим образом: к 88 дню эпидемии наблюдается максимальное количество инфицированных – 4585 человек (4,6%); максимальное количество летальных исходов - 2293 (2,3% от всего населения); к 215 дню будет зафиксирован последний больной, т.е. эпидемия прекратится.

### *Пример прогнозирования эпидемии оспы обезьян на модели SEIRDVQS*

при следующих начальных условиях:

- количество населения (N) – 100 000 человек;

- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;

- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 4 до 11 дня (в среднем 8-9 дней), т.е.  $\alpha=1/8=0,125$ ;

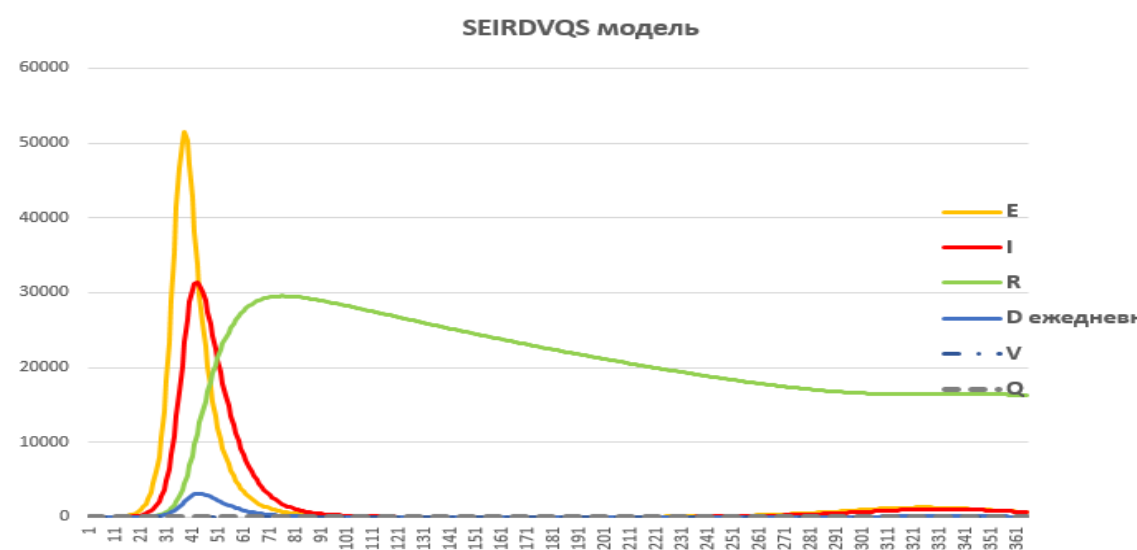
- скорость передачи инфекции  $\beta$  – среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 2,1-2,44, т.е. один инфицированный может заразить 2 человек;

- уровень смертности от заболевания  $\delta$  – летальность заболевания не более 10%, следовательно,  $\delta$  равен 0,1;

- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против вируса оспы обезьян в течение как минимум 10 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;

- скорость выздоровления  $\gamma$  – выздоровление 2-4 недели, т.е.  $\gamma=1/21=0,048$ .

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$\nu$	$q$	$\xi$	$N$
2	0,048	0,125	0,1	0	0	0,003	100000



При данных условиях, заложенных в модель, прогноз выглядит следующим образом: к 43 дню эпидемии наблюдается максимальное количество инфицированных – 31381 человек (31,4%), необходимо отметить, что после снижения количества инфицированных до 29 человек на 168 день эпидемии, наблюдается второй пик заболеваемости на 331 день – 1083 человека; максимальное количество летальных исходов – 3138 (3,1% от всего населения); без соблюдения мер медицинского характера эпидемия оспы обезьян не закончится и к концу года прогнозируется 686 инфицированных.

При внесении данных в программу для разработки модели по вышеперечисленным инфекциям не учитывались карантин, вакцинация и другие ограничительные меры. Далее рассмотрим те же инфекции, но с учётом карантинных мер.

**Определение влияния на распространение инфекции сдерживающих факторов (вакцинация, карантин, изоляция, применение СИЗ и др.)**

На динамику распространения инфекций, в том числе эмерджентных, могут влиять различные факторы как медицинского, так и социального характера. Разработанная модель SEIRDVQS позволяет имитировать воздействие этих факторов на динамику инфекционного заболевания.

Возможность имитации вакцинации и карантина, с помощью изменения коэффициентов  $v$  и  $q$  соответственно.

На распространение эмерджентных инфекций, оказывают влияние и так называемые меры общественного здравоохранения: социальное дистанционирование, применение населением средств индивидуальной защиты (медицинских масок), соблюдение правил личной гигиены (мытьё рук), дезинфекция в быту и др.

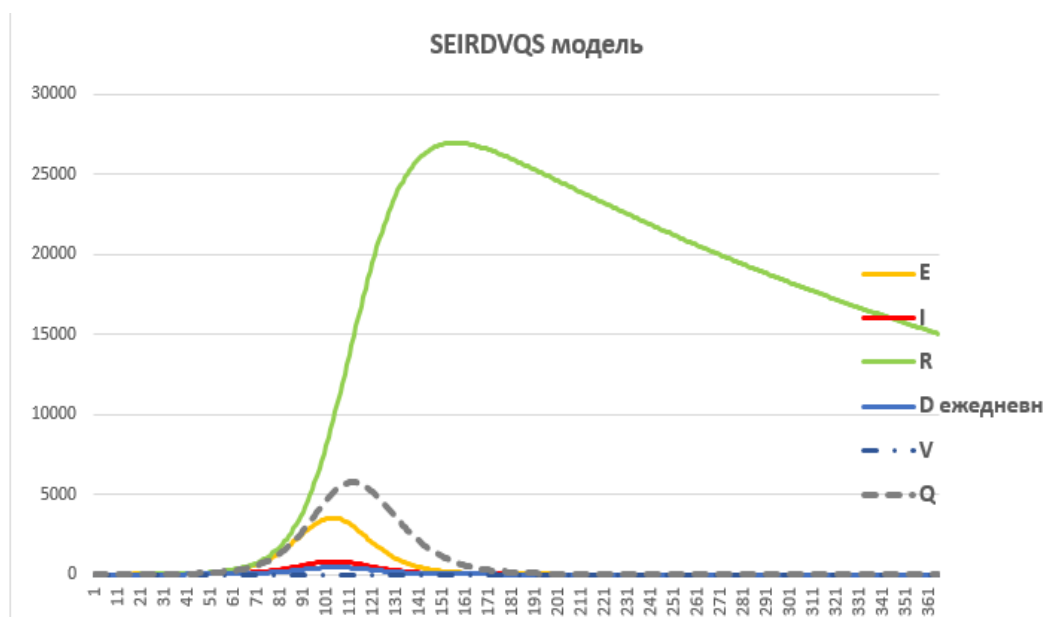
Влияние **изоляции** инфицированных лиц на заболеваемость и летальность на примере: 1. Модели птичьего гриппа H5N1:

при следующих начальных условиях:

- количество населения ( $N$ ) – 100 000 человек;
- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;
- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 4 до 11 дней (в среднем 2-5 дней), т.е.  $\alpha=1/3=0,333$ ;
- скорость передачи инфекции  $\beta$  – среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 1,7-2,2, т.е. один инфицированный может заразить приблизительно 2 человека;
- уровень смертности от заболевания  $\delta$  – летальность заболевания составляет не более 55%, следовательно,  $\delta$  равен 0,55;
- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против птичьего гриппа в течение как минимум 5 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;
- скорость выздоровления  $\gamma$  – выздоровление может 1-2 недели, т.е.  $\gamma=1/10=0,1$ .

При изоляции 80% инфицированных лиц:  $q=0,8$ , количество инфицированных уменьшится до 814 (0,8%) человек к 104 дню эпидемии. Количество смертей не превысит 447 человек (0,45%) к 105 суткам. Конец эпидемии наступит к 215 дню.

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$v$	$q$	$\xi$	$N$
2	0,1	0,333	0,55	0	0,8	0,003	100000



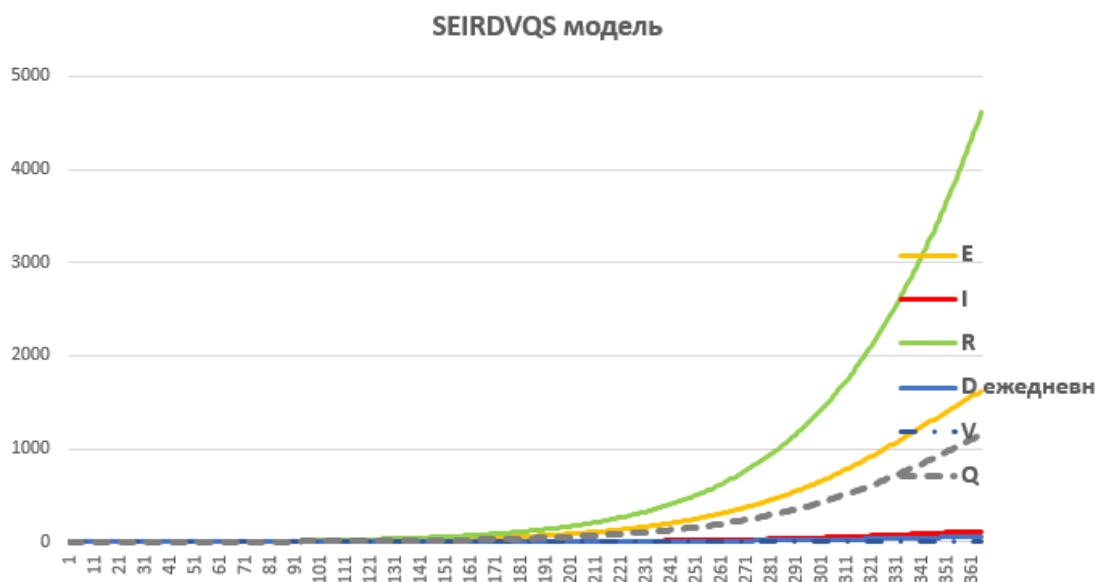
## 2. Модели лихорадки Эбола

при следующих начальных условиях:

- количество населения ( $N$ ) – 100 000 человек;
- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;
- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 2 до 21 дня (в среднем 10 дней), т.е.  $\alpha=1/10=0,1$ ;
- скорость передачи инфекции  $\beta$  – среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 1,7, т.е. один инфицированный может заразить 1-2 человека;
- уровень смертности от заболевания  $\delta$  – летальность заболевания составляет от 25 до 90% (в среднем взяли 50%), следовательно,  $\delta$  равен 0,5;
- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против возбудителя Эбола в течение как минимум 10 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;
- скорость выздоровления  $\gamma$  – выздоровление может начаться между 7 и 14 днями после первых симптомов, т.е.  $\gamma=1/14=0,07$ .

При изоляции 80% инфицированных лиц  $q=0,8$ , максимальное количество больных будет наблюдаться к концу года 118 человек (0,2%). Количество смертей к этому времени составит 58 человек (0,06%).

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$v$	$q$	$\xi$	$N$
1,7	0,07	0,1	0,5	0	0,8	0,003	100000



### 3. Модели оспы обезьян

при следующих начальных условиях:

- количество населения ( $N$ ) – 100 000 человек;
- инфекционный больной в 1-й день – 1 человек;
- инкубационный период инфекции  $\alpha$  – от 4 до 11 дня (в среднем 8-9 дней), т.е.  $\alpha=1/8=0,125$ ;

- скорость передачи инфекции  $\beta$  – среднее репродуктивное число, по литературным данным составляет в среднем 2,1-2,44, т.е. один инфицированный может заразить 2 человек;

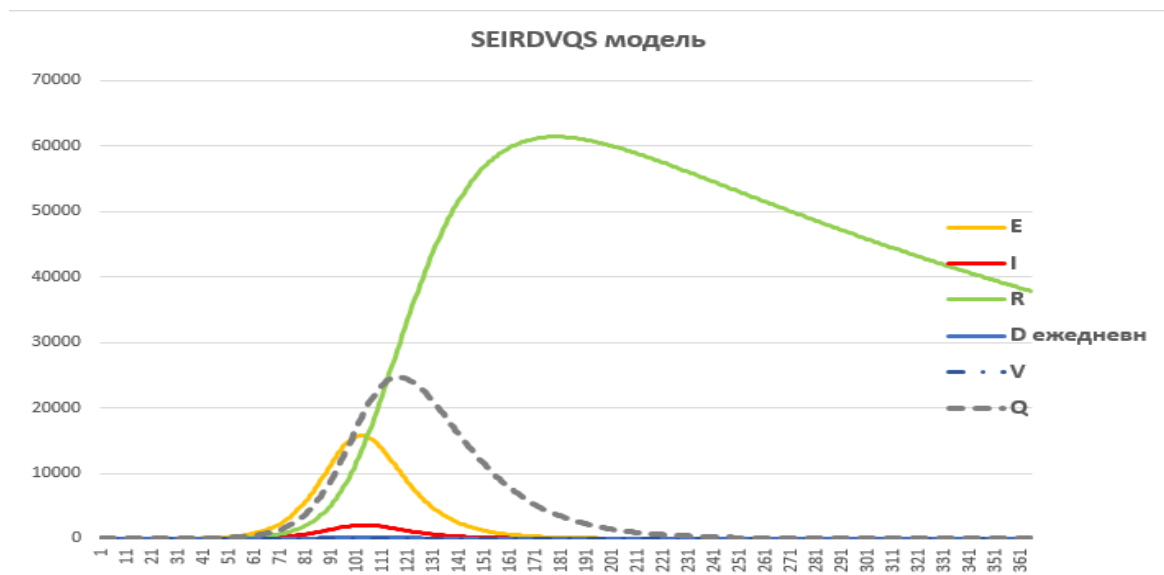
- уровень смертности от заболевания  $\delta$  – летальность заболевания не более 10%, следовательно,  $\delta$  равен 0,1;

- временный иммунитет  $\xi$  – точные данные не известны, но выжившие вырабатывают антитела против вируса оспы обезьян в течение как минимум 10 лет. Т.к. модель рассчитана на 1 год (365 дней)  $\xi=1/365=0,003$ ;

- скорость выздоровления  $\gamma$  – выздоровление 2-4 недели, т.е.  $\gamma=1/21=0,048$ .

При изоляции 80% инфицированных лиц:  $q=0,8$ , количество инфицированных уменьшится до 2075 (2,1%) человека к 104 дню эпидемии. Количество смертей не превысит 208 человек (0,2%). Эпидемия будет иметь вялотекущий характер до конца календарного года (срок наблюдения) – по 1 случаю в день с 261 дня по 365 день.

$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\delta$	$v$	$q$	$\xi$	$N$
2	0,07	0,125	0,1	0	0,8	0,003	100000



## Заключение

Эмерджентные инфекции, возникшие на фоне глобальных изменений климата, мобильности населения и мутаций патогенов, представляют сложную угрозу. Для минимизации их последствий необходимо объединение усилий в области здравоохранения, экологии и технологий.

В данных методических рекомендациях подчеркивается важность создания скоординированной системы для сдерживания биологических угроз на национальном уровне с помощью создания системы реагирования и прогнозирования вспышек эмерджентных инфекций. В документе изложены конкретные подходы к организации такой системы, включая алгоритмы действий при различных сценариях вспышек, методы оценки и управления биологическими рисками, а также моделирование эпидемий с использованием современных технологий.

Модель SEIRDVQS, предложенная в документе, демонстрирует важность математического прогнозирования для оценки скорости и характера распространения инфекции, что помогает оптимизировать меры контроля и реагирования.

Но следует отметить, что в настоящее время не существует универсальной математической модели для прогнозирования распространения эмерджентных инфекций. Так как процесс создания такой модели сопряжён с целым рядом сложных и взаимосвязанных факторов – от биологических свойств и изменчивости патогенов до социальных, экономических и экологических различий, что делает невозможным создание модели, способной учитывать все эти аспекты.

На сегодняшний день наиболее эффективными являются многокомпонентные или специализированные модели, которые фокусируются на конкретных аспектах передачи инфекций, а также модели, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям и новым данным.

Таким образом, документ подчеркивает, что успешное реагирование на эмерджентные инфекции возможно только при комплексном подходе, включающем использование современных технологий, обучение и подготовку персонала, разработку и реализацию чётких алгоритмов реагирования, а также координацию усилий на всех уровнях. Только объединение научных знаний, инноваций в области диагностики и лечения, а также своевременное принятие профилактических мер позволит минимизировать негативное влияние эмерджентных инфекций на здоровье населения и систему здравоохранения в целом.

## Список использованных источников

1. Морозова Н.С., Кунельская Е.В. Актуальные вопросы эмерджентных инфекций в современном мире // Инфекционные болезни. – 2019. – Vol. 17. – P. 145-154.
2. Смирнов А.В., Татаринов А.В. Системы прогнозирования инфекционных болезней: современные технологии и перспективы. // Журнал эпидемиологии и инфекционной иммунологии. – 2020. – Vol. 27. – P. 34-42.
3. Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., et al. Global trends in emerging infectious diseases. // Nature. – 2008. – Vol, 451. – P. 990-993.
4. Fauci, A.S., Morens, D. M.. The perpetual challenge of infectious diseases. // New England Journal of Medicine. – 2012. – Vol. 366. – P. 454-461.
5. World Health Organization (WHO). Global preparedness monitoring board: annual report. WHO Publications. 2021
6. Киселев О.И. Глобальные вызовы и стратегии борьбы с новыми инфекционными заболеваниями. // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2019. – Vol. 24. – P. 309-315.
7. Morens, D.M., Folkers, G.K., Fauci, A. S.. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. // Nature. – 2004. – Vol. 430. – P. 242-249.
8. Малхазова С.М., Миронова В.А. Проблема Новых И Возвращающихся Инфекций : Задачи Медико - Географического Изучения // Вестник московского университета. – 2017. – P. 21–31.
9. Morens D.M., Fauci A.S. Emerging Infectious Diseases: Threats to Human Health and Global Stability // PLoS Pathog. – 2013. – Vol. 9. – P. 7–9.
10. Ачкасова Т.А., Цилько С.В., Думова Т.В., Ачкасова Ю.Н. Актуальность эмерджентных инфекций // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2012. – Vol. 64, №1.
11. Рекомендаций Коллегии Евразийской экономической комиссии от 5 апреля 2022 года № 12 «О Санитарно-эпидемиологических рекомендациях, регламентирующих согласованный алгоритм реагирования на вспышки инфекционных заболеваний».
12. Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекций: Методические указания. – 83 с., Утверждены Решением Совета по сотрудничеству в области здравоохранения Содружества Независимых Государств о методических указаниях «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекций» от 3-4 июня 2005 г.
13. Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих – переносчиков возбудителей природно-очаговых инфекций: Методические указания. - 63 с., УТВЕРЖДЕНЫ Решением Совета по сотрудничеству в области здравоохранения Содружества Независимых Государств о методических указаниях "Сбор, учет и подготовка к



лабораторному исследованию кровососущих членистоногих-переносчиков возбудителей природно-очаговых инфекций"

14. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 29 июля 2022 года № ҚР ДСМ-68. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 1 августа 2022 года Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к организации и проведению дезинфекции, дезинсекции и дератизации"

15. O.N. Bjornstad, K. Shea, M. Krzywinski, N. Altman. Modeling infectious epidemics // *Nature methods*. – 2020. Vol. 17. – P. 455-456. <https://doi.org/10.1038/s41592-020-0822-z>.

16. Жумартова Б. О., Ысмагул Р. С. Применение SIRS и SEIR-HCD моделей в моделировании эпидемий // *Вестник СКУ им. М. Козыбаева*. – 2022. – № 1(53). – С. 18-22. – DOI 10.54596/2309-6977-2022-1-18-22. – EDN QFRSMX

17. Nicolas Bacaër. Un modèle mathématique des débuts de l'épidémie de coronavirus en France. // *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. – 2020. – Vol. 15. – P. 29. {10.1051/mmnp/2020015}. {hal-02509142v8}

18. Martínez, V. A modified sird model to study the evolution of the covid-19 pandemic in spain // *Symmetry*. – 2021. – Vol. 13. – DOI 10.3390/sym13040723. – EDN DGSSYB.

19. Yoshida, N. Exact solution of the Susceptible–Infectious–Recovered–Deceased (SIRD) epidemic model // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*. – 2022. – Vol. 38. – P. 1-24. – DOI 10.14232/ejqtde.2022.1.38. – EDN RXIMWG.

20. M. Ch. Lim, S. Singh, Ch. H. Lai. Forecasting the effects of vaccination on the COVID-19 pandemic in Malaysia using SEIRV compartmental models // *Epidemiology and Health*. – 2023. – Vol. 45. – DOI 10.4178/epih.e2023093. – EDN OBZILV

21. L. Kong, M. Duan, J. Shi et al. Compartmental structures used in modeling COVID-19: a scoping review // *Infectious Diseases of Poverty*. – 2022. – Vol. 11. – P. 1-9. – DOI 10.1186/s40249-022-01001-y. – EDN WTWIZA

22. R. Prabakaran, S. Jemimah, P. Rawat et al. A novel hybrid SEIQR model incorporating the effect of quarantine and lockdown regulations for COVID-19 // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11. – DOI 10.1038/s41598-021-03436-z. – EDN ULTHNJ.