

**МИНИСТРЕСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
ГБОУ ВПО БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФГБОУ ВПО БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФГБУ НИИ ГРИППА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РФ**

# **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ ИНФЕКТОЛОГИИ**

**Всероссийская научно-практическая конференция  
с международным участием**

**12-14 апреля 2016 года  
г. Уфа**

**Том 1**

Уфа  
РИО ИЦИПТ  
2016

УДК 616.9  
ББК 55.1  
Ф94

**ПРОВЕДЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ И ИЗДАНИЕ МАТЕРИАЛОВ  
ОСУЩЕСТВЛЕНО ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ ФГБУ  
«РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»,  
проект №16-04-20105**

***Редакционная коллегия:***

доктор медицинских наук, проф. Г.М. Хасанова (отв. редактор)  
доктор медицинских наук, проф. Д.А. Валишин (отв. за выпуск)  
доктор философских наук, проф. У.С. Вильданов (отв. за выпуск)  
доктор медицинских наук, проф. А.В. Тутельян (отв. за выпуск)  
доктор биологических наук, проф. З.А. Янгуразова (отв. за выпуск)

**Фундаментальные и прикладные аспекты современной инфектологии:**

Ф94    сборник научных статей участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Уфа, 12-14 апреля 2016 г.). В 2-х томах / Отв. ред. Г.М. Хасанова – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2016. Том 1. - 373 с.

ISBN 978-5-906735-50-8 (т. 1)

ISBN 978-5-906735-49-2

В сборнике представлены научные статьи ведущих российских и зарубежных ученых в области фундаментальных основ биологии и медицины, специалистов практиков, врачей инфекционистов, иммунологов, эпидемиологов, исследователей широкого круга проблем, связанных с инфектологией.

УДК 616.9  
ББК 55.1

ISBN 978-5-906735-50-8 (т. 1)

ISBN 978-5-906735-49-2

© БГМУ, 2016

© БашГУ, 2016

© НИИ гриппа, 2016

© ИЦИПТ, 2016

## **МОДЕЛЬ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАБОЛЕВАНИЙ С МНОЖЕСТВЕННЫМИ ПУТЯМИ ПЕРЕДАЧИ И ЕЕ ОЦЕНКА**

*Чумаченко Т.А.<sup>1</sup>, Чумаченко Д.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Харьковский национальный медицинский университет,  
г. Харьков, Украина

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
Харьковский авиационный институт, г. Харьков, Украина

Компьютерное моделирование процессов распространения инфекционных заболеваний позволяет выявить наиболее важные пути передачи заболевания, группы риска населения и основные закономерности динамики эпидемического процесса и, на основании полученных данных, принять правильное решение в проведении эпидемиологического надзора. В последние десятилетия были предложены несколько моделей распространения гепатита В [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Наиболее известными моделями, которые используются для этих целей являются модель SIR [3], SEIRS [10]. Мы разработали имитационную модель заболеваний с множественными путями передачи инфекции на примере гепатита В с использованием эпидемиологических данных по городу Харькову (Украина) [2]. Тем не менее, в модели учитывались не все факторы, влияющие на эпидемический процесс гепатита В, такие как разделение агентов на типы и правила взаимодействия агентов. Для того, чтобы устранить эти ограничения была разработана улучшенная модель.

**Цель.** Оценить модель заболеваний с множественными путями передачи инфекции на примере распространения гепатита В.

**Методы.** Характер, сложность, а также особенности в поведении системы делают необходимым использование имитационного моделирования. Имитационная модель, которая построена на основе мультиагентной технологии позволяет учитывать множество факторов, которые влияют на динамику, интенсивность и проявления эпидемического процесса, детализировать свойства агентов и проводить эксперименты с достаточно большой численностью населения. Результаты моделирования при наличии адекватной модели подвергаются статистическому анализу для получения ответа об эффективности каких-либо изменений в системе. Информационная технология была разработана для моделирования эпидемического процесса.

Представим агента как набор свойств:

$$a = \langle s, s_t, c, t_a, l \rangle, \quad a \in A, s \in S, c \in C, t_a \in T_a,$$

где  $s_t$  - время в состоянии  $s$ ,

$A$  - множество агентов,

$S$  - множество различных состояний агентов,

$C$  - множество ячеек рабочей области,

$T_a$  - множество типов агентов,

$l$  - продолжительность жизни.

Множество состояний агентов определено заранее и является постоянным:

$$S = \{\text{Susceptible, Exposed, Infected, Convalescent, Recovered, Dead}\}.$$

- **Susceptible** - агент здоров (может быть подвержен заражению). В данном случае под здоровым подразумевается агент, который является восприимчивым для заболевания моделируемого эпидемического процесса.

- **Exposed** - агент подвергся заражению. Данное состояние представляет собой инкубационный период. В течение этого времени агент ещё не является заболевшим, но уже имеет шансы передавать инфекцию (заражать других).

- **Infected** - агент болен. Агенты в этом состоянии являются наиболее вероятными источниками инфекции для других агентов.

- **Convalescent** - агент выздоравливает. Данное состояние характеризует период, когда исчезли клинические симптомы заболевания, но агент по-прежнему может быть носителем заболевания и источником инфекции. Наличие такого состояния характерно для определённых инфекционных заболеваний, в том числе для гепатита В.

- **Recovered** - агент выздоровел (приобрёл иммунитет). Агенты в этом состоянии более не подвержены возможности заболеть.

- **Dead** - агент умер от старости или вследствие заболевания.

Для экспериментов было определено 3 области:

- **Домашняя область.** В этой области допускаются только контакты между агентами.

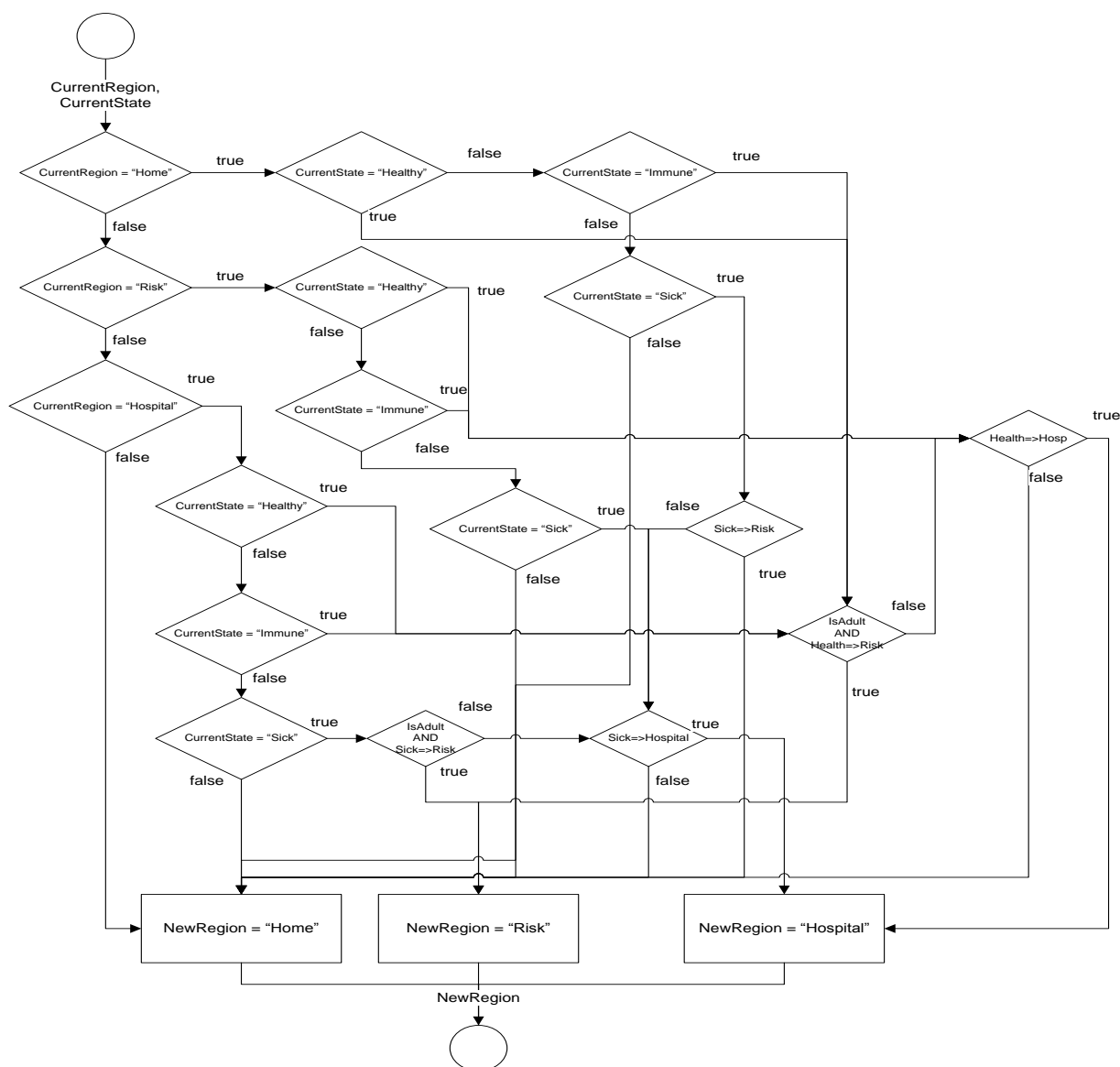
- **Область риска.** В данной области, помимо контактов между агентами, возможно заражение от инфицированного инструмента.

- **Область «Больница».** В данной области возможен частичный контакт между агентами и инфицирование от инструмента. При попадании в эту область агент подвергается лечению, что снижает длительность заболевания.

При моделировании такого явления, как эпидемический процесс, очевидно, что участники процесса могут взаимодействовать друг с другом не только при непосредственном физическом контакте (например,

заболевания, передающиеся только половым путём). При инфекциях с множественными путями передачи (инъекционный, при переливании крови, инструментальный, половой и т.п.) обработка такого рода событий довольно сложна, что приводит к замедлению процесса моделирования. В данной работе предлагается упростить рассмотрение момента инфицирования путём установления принадлежности агентов одной ячейке. Это позволяет учесть возможность взаимодействия агентов и при этом существенно снизить потерю производительности.

Кроме того, каждый тип предопределяет для агента длительность пребывания в каждой из областей. По истечению пребывания в конкретной области, агент с заданной вероятностью переходит в другую область. Переход осуществляется на основе того, в каком состоянии (CurrentState) и в какой области (CurrentRegion) находился агент, а также под воздействием вероятностей перехода, определённых его типом (Рис. 1).



**Рис. 1. Блок-схема переходов агентов в различные области.**

Для повышения детализации населения с точки зрения его принадлежности к условным социальным группам (категоризация населения) были определены типы агентов, которые представлены следующим образом:

$$t = \langle \bar{P}_t, \bar{\tau}_t \rangle,$$

где  $\bar{P}_t$  - вектор вероятностей, которые являются специфическими для агентов различных типов,

$\bar{\tau}_t$  - вектор постоянных модельного времени.

Построенная модель может быть расширена за счет увеличения размерностей векторов, которые в рамках этой задачи ограничиваются следующим множеством:

$$\bar{P}_t = (P_b, P_{hr}, P_{hh}, P_{sr}, P_{sh}),$$

где  $P_b$  - вероятность рождения агента определенного типа,

$P_{hr}$  - вероятность перехода агента в здоровом состоянии в зону риска,

$P_{hh}$  - вероятность перехода агента в здоровом состоянии в область «Больница»,

$P_{sr}$  - вероятность перехода агента в больном состоянии в зону риска,

$P_{sh}$  - вероятность перехода агента в больном состоянии в область «Больница».

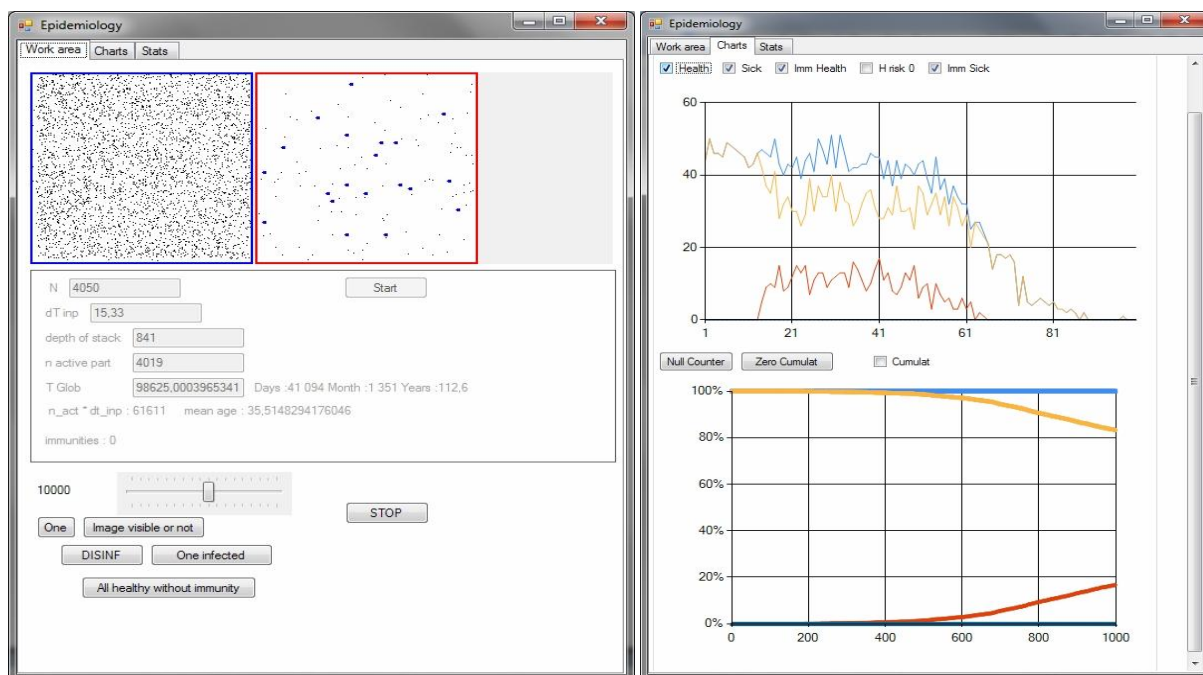
$$\bar{\tau}_t = (\tau_h, \tau_r, \tau_m),$$

где  $\tau_h$  - модельное время, которое тратит агент определенного типа находясь в области «Дом»,

$\tau_r$  - модельное время, которое тратит агент определенного типа, находясь в зоне риска,

$\tau_m$  - модельное время, которое тратит агент определенного типа, находясь в области «Больница».

Результаты. На основании усовершенствованных методов моделирования была разработана модель гепатита В (Рис. 2).



**Рис. 2. Основная панель управления процессом моделирования и графическая визуализация процесса моделирования.**

Признаки агентов, их правила поведения и взаимодействия, а также свойства окружающей среды были учтены. Экспериментальные результаты модели были сопоставлены с данными реальной заболеваемости и групп риска в Харькове с 2003 по 2013 гг. Был сделан прогноз заболеваемости гепатитом В на 2014-2015 гг.

Выводы. В результате усовершенствования модели, она стала более точной и улучшила свою производительность. Результаты моделирования позволяют прогнозировать заболеваемость гепатитом В в определенный момент времени на определенной территории с учетом демографических характеристик и возможностей общественного здравоохранения и других социальных условий жизни населения.

#### Список литературы

1. Ahmed E., Agiza, H.N., Hassan, S.Z. On modelling hepatitis B transmission using cellular automata // J. Stat. Phys. - 1998. – 92, - P. 116-120.
2. Chumachenko T., Chumachenko D., Sokolov O. Multiagent Simulation of the Hepatitis B Epidemic Process // ISDS 2012 Conference «International Society for Disease Surveillance Conference. Expanding Collaborations to Chart a New Course in Public Health Surveillance» - San Diego, USA, - 2012. – P. 39. <http://www.syndromic.org/2012-ISDS-Conference-Abstracts.pdf>.

3. D'ebarré F. SIR models of epidemics / F. D'ebarré // Level 1 module in «Modelling course in population and evolutionary biology» – Zurich: Institute of Integrative Biology, - 2010. <http://www.tb.ethz.ch/education/model/SIR/sir.pdf>.
4. Hethcote H.W. The mathematics of infectious diseases // Society for Industrie and Applied Mathematics (SIAM review) – 2000; - 42. – P. 599-653.
5. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие / под ред. П.В. Трусова - М.: Логос, - 2004. - 440 с.
6. O'Leary C., Hong Z., Zhang F., Dawood M., Smart G., Kaita K., Wu J. A mathematical model to study the effect of hepatitis B virus vaccine and antiviral treatment among the Canadian Inuit population // European Journal Clinical Microbiological Diseases, - 2010, - 29. - P. 63-72.
7. Shoujun Z., Zhiyi X., Ying L. Mathematical model of hepatitis B virus transmission and its application for vaccination strategy in China // International Journal of Epidemiology, - 2000; - 29. – P. 744-752.
8. Sutton A.J., Gay N.G., Edmunds W.J., Andrews N.J., Hope V.D., Gilver R.L., Piper M., Gill O.N. Modeling the hepatitis B vaccination programme in prisons // Epidemiol. Infec., - 2006, - 134. – P. 231-242.
9. Sutton A.J., Gay N.G., Edmunds W.J., Hope V.D., Gill O.N. Modeling the force of infection for hepatitis B and C in injection drug users in England and Wales. Hickman // BMC Infectious Diseases - 2006, - 6. – P. 93.
10. Zhang L.J. Global Dynamics of an SEIRS Epidemic Model with Constant Immigration and Immunity / L.J. Zhang // WSEAS transactions on mathematics – 2013. - Vol.12. – P. 630-640.

© Чумаченко Т.А., Чумаченко Д.И., 2016

СЛОЖНОСТИ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ БОТУЛИЗМА Хасанова Г.М., Султанов Р.С., Акмухаметова А.А. (г. Уфа, Россия)	280
НЕФЕРМЕНТИРУЮЩИЕ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ В ЭТИОЛОГИИ ОСЛОЖНЕНИЙ ИНФЕКЦИОННОГО ГЕНЕЗА Хасанова Г.Ф., Хасанова С.Г., Мавзютов А.Р., Яковлев С.Г. (г. Уфа, Россия)	283
НЕЙРОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВЕГЕТАТИВНЫХ ДИСФУНКЦИЙ У БОЛЬНЫХ ГНОЙНЫМИ И СЕРОЗНЫМИ МЕНИНГИТАМИ В ПЕРИОД РЕКОНВАЛЕСЦЕНЦИИ Хасанова Л.А., Мартынов В.А., Жданович Л.Г., Безручко С.А., Бушмелева Е.Ю., Чернобавская М.Н., Баренина О.И. (г. Рязань, Россия)	285
ЭПИДЕМИОЛОГИЯ МИКРОСПОРИИ ГЛАДКОЙ КОЖИ И ВОЛОСИСТОЙ ЧАСТИ ГОЛОВЫ В Г. УФЕ В 2012-2014 ГГ. Хисматуллина З.Р., Мухамадеева О.Р., Кашаева А.И., Бакирова Р.С., Гриценко Д.Н. (г. Уфа, Россия)	287
ГОТОВНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЕ И СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ ПОМОЩИ ЛЮДЯМ, ЖИВУЩИМ С ВИЧ Чернявская О.А. (г. Волгоград, Россия)	289
МОДЕЛЬ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАБОЛЕВАНИЙ С МНОЖЕСТВЕННЫМИ ПУТЯМИ ПЕРЕДАЧИ И ЕЕ ОЦЕНКА Чумаченко Т.А., Чумаченко Д.И. (г. Харьков, Украина)	294
СИСТЕМНАЯ ЭНЗИМОТЕРАПИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ РОЖИСТЫМ ВОСПАЛЕНИЕМ Шайбаков Д.Г., Хасанов А.Г., Закиров И.А. (г. Уфа, Россия)	300
АКТУАЛЬНОСТЬ ТОКСОКАРОЗА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН Шайхуллина Л.Р., Валишин Д.А., Хунафина Д.Х., Галиева А.Т., Старостина В.И., Кутлугужина Ф.Г. (г. Уфа, Россия)	304

Научное издание

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ  
АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ ИНФЕКТОЛОГИИ

Всероссийская научно-практическая конференция  
с международным участием

12-14 апреля 2016 года  
г. Уфа

Том 1

Ответственный редактор Г.М. Хасанова

Подписано в печать 11.04.2016 г. Формат 60х84/16.

Усл. печ. л. 21,62. Уч. изд. л. 22,78.

Тираж 200. Заказ 4.

*Отпечатано в редакционно-издательском отделе  
Исследовательского центра  
информационно-правовых технологий  
при содействии ООО «Ника»  
450005, РБ, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 24*