

*IV Международная (74 Всероссийская) научно-практическая конференция  
«Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения»*

Sokolov, G.Yu. Melnikov, Iñaki Orue, G.V. Kurlyandskaya // Sensors. – 2018. – Т. 18. – №. 3. – С. 872.

2. Darton N. Magnetic Nanoparticles in Biosensing and Medicine / N. Darton A. Ionescu, J. Llandro. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – P. 295

3. Kurlyandskaya G.V. Domain structure and magnetization process of a giant magnetoimpedance geometry FeNi/Cu/FeNi (Cu) FeNi/Cu/FeNi sensitive element / G. V. Kurlyandskaya, L. Elbaile, F. Alves, B. Ahmada, R. Barrue, A. V. Svalov, V. O. Vas'kovskiy, //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2004. – Т. 16. – №. 36. – С. 6561.

4. Mohri K. Recent advances of amorphous wire CMOS IC magneto-impedance sensors: innovative high-performance micromagnetic sensor chip / K. Mohri, T. Uchiyama, L.V. Panina, M. Yamamoto, K. Bushida // Journal of Sensors. – 2015. – Т. 2015.

5. Mahdi A.E. Some new horizons in magnetic sensing: high-Tc SQUIDS, GMR and GMI materials / A.E. Mahdi, L. Panina, D. Mapps // Sensors and Actuators A: physical. – 2003. – Т. 105. – №. 3. – С. 271-285.

6. Sugita Y. Critical thickness and perpendicular anisotropy of evaporated permalloy films with stripe domains / Y. Sugita, H. Fujiwara, T. Sato // Applied Physics Letters. – 1967. – Т. 10. – №. 8. – С. 229-231.

7. Yabukami S. A thin film magnetic field sensor of sub-pT resolution and magnetocardiogram (MCG) measurement at room temperature / S. Yabukami, K. Kato, Y. Ohtomo, T. Ozawa, K.I. Arai // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2009. – Т. 321. – №. 7. – С. 675-678.

УДК 616.9:614.47

**Платонова Т.А., Обабков В.Н., Голубкова А.А.  
ИМИТАЦИОННОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В  
ПРОГНОЗЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРЕВОЙ ИНФЕКЦИЕЙ В  
УСЛОВИЯХ АКТИВИЗАЦИИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА  
ЭТАПЕ ЭЛИМИНАЦИИ**

Кафедра эпидемиологии, социальной гигиены и организации  
госсанэпидслужбы

Уральский государственный медицинский университет  
Кафедра интеллектуальных информационных технологий  
Уральский федеральный университет  
Екатеринбург, Российская Федерация

**Platonova T.A., Obabkov V.N., Golubkova A.A.  
SIMULATION MATHEMATICAL MODELING TO FORECAST THE  
INCIDENCE OF MEASLES INFECTION IN THE ACTIVATION OF THE  
EPIDEMIC PROCESS AT THE STAGE OF ELIMINATION**

Department of epidemiology, social hygiene and organization of the state  
sanitary service

Ural state medical university

Department of intellectual information technologies

Ural federal university

Yekaterinburg, Russian Federation

E-mail: fill.1990@inbox.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты прогноза заболеваемости корью в мегаполисе на завершающем этапе элиминации инфекции (по данным многофакторного имитационного математического моделирования эпидемического процесса).

Построение математической модели позволило определить приоритетные в современных условиях направления контроля инфекции, которые позволят обеспечить эпидемиологическое благополучие территории на длительный период.

**Annotation.** The article presents the results of predicting the incidence of measles in the metropolis at the final stage of elimination of infection (according to multi-factor simulation mathematical modeling of the epidemic process).

The construction of a mathematical model made it possible to determine the priority areas of infection control in modern conditions, which will ensure the epidemiological well-being of the territory for a long period.

**Ключевые слова:** корь, заболеваемость, прогноз, математическое моделирование

**Key words:** measles, morbidity, prognosis, mathematical modeling

**Введение.** В последние годы на территории многих стран, в том числе и Российской Федерации, наблюдается активизация эпидемического процесса кори. Регистрируются локальные вспышки инфекции, с активным распространением в медицинских организациях и образовательных учреждениях [1, 3, 4].

Сложившаяся ситуация свидетельствует о неэффективности существующей системы эпидемиологического надзора за корью и необходимости ее оптимизации. Для определения корректирующих мероприятий в современных условиях следует использовать методы, основанные на прогнозе заболеваемости.

Рядом авторов уже предпринимались ранее попытки прогноза заболеваемости корью, в том числе с использованием приемов математического моделирования [2, 5]. Однако изменение в современных условиях ключевых детерминант эпидемического процесса коревой инфекции требует разработки новых математических моделей для прогноза.

**Цель исследования** – оценить возможности для прогноза заболеваемости корью в условиях активизации эпидемического процесса на этапе элиминации, на основании технологий мультифакторного имитационного моделирования.

#### **Материалы и методы**

Исследование выполнено в 2018-2019 гг. на кафедре эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России и кафедре интеллектуальных информационных технологий Института фундаментального образования ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В процессе исследования были определены ключевые детерминанты, определяющие современные характеристики эпидемического процесса кори, и на их основе в специальном программном обеспечении AnyLogic Professional 7.0. построена имитационная математическая модель для прогноза эпидемической ситуации в мегаполисе.

В модель были заложены демографические показатели территории, привитость населения, параметры иммунного ответа на вакцинацию, особенности клинических проявлений заболевания, эпидемиологическая опасность источника инфекции с разным прививочным анамнезом, своевременность организации противоэпидемических мероприятий в очагах инфекции.

При составлении модели эпидемического процесса было учтено, что ситуация по кори в крупном промышленном городе на этапе ее элиминации представлена завозными с других территорий случаями инфекции, а вероятность возникновения эпидемического неблагополучия заключалась в наличии условий для последующего распространения инфекции в очагах среди восприимчивых к ней детей и взрослых. Для оценки риска формирования эпидемического неблагополучия каждые два месяца в систему «запускался» источник инфекции (завозной случай кори) и рассматривалось дальнейшее развитие ситуации по кори в последующие 50 лет, при разном значении контролируемых параметров, связанных с охватом прививками различных групп населения.

Риск распространения инфекции определялся по формуле:

$$F.capacity = (1-R/N) * I * \lambda * \mu, \quad \text{где}$$

R – число невосприимчивых к кори контингентов

N – численность населения

I – количество заболевших в текущий день

$\lambda$  – контактное число для первого заболевшего с учетом его прививочного анамнеза

$\mu$  – организация противоэпидемических мероприятий

По итогам запуска модели получено более 1500 вариантов развития ситуации, которые были выгружены в базу данных. После обработки данных в системе Microsoft SQL Server Management Studio, результаты моделирования внедрили в программу Power BI, где выполнили их анализ и визуализацию.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

При сохранении контролируемых параметров на уровне, характерном современной ситуации (охват прививками детей в декретированных возрастах, а также совокупного населения - на уровне 50-60% и отсутствие введения бустерных доз вакцины), имел место высокий риск формирования эпиднеблагополучия. Вспышки кори регистрировались как в ближайшей, так и отдаленной перспективе, что подтверждало неэффективность существующей системы эпидемиологического надзора.

При увеличении охвата прививками детей в «индикаторных» возрастных группах до 95%, но сохранении иммунной прослойки совокупного населения на прежнем уровне (не более 60%), вспышки кори по-прежнему могли иметь место. Однако интенсивность подъемов заболеваемости стала в 2-3 раза меньше по сравнению с первым модельным вариантом.

В следующих моделируемых ситуациях учитывали полноту охвата прививками детей в декретированных возрастных группах не менее 95% и постепенное повышение иммунной прослойки населения до 90% (за счет увеличения количества вакцинированных). При такой комбинации переменных риск регистрации вспышек сохранялся (через 11 и 20 лет от момента запуска процесса), но интенсивность эпидемических подъемов также снижалась.

Далее в дополнение к вышеуказанным параметрам в моделируемые ситуации было заложено введение бустерных доз живой коревой вакцины каждые 10 лет. При охвате ревакцинацией до 50% жителей мегаполиса по-прежнему могли регистрироваться вспышки, но по прошествии 23-24 лет от момента запуска модели; при охвате ревакцинирующими прививками более 60% населения можно обеспечить эпидемиологическое благополучие в течение 30 лет; а при охвате 80% и более - ситуация сохранялась стабильной на протяжении 50 лет.

### **Выводы:**

1. Разработанная имитационная математическая модель эпидемического процесса кори позволила дать прогноз развития ситуации на ближайшую и отдаленную перспективу, а также определить ключевые моменты для управления ситуацией.

2. Приоритетными направлениями для управления эпидемической ситуацией по коревой инфекции на этапе ее элиминации должны стать контроль своевременности и полноты охвата прививками детей в «индикаторных» группах (не менее 95%), поддержание высокой иммунной прослойки населения в целом не менее 90% и введение ревакцинации против кори каждые 10 лет (с охватом прививками не менее 80-90% ранее не болевшего корью населения).

**Список литературы:**

1. Бичурина М.А. Вспышка кори в детской больнице Санкт-Петербурга в 2012 году / М.А. Бичурина, Е.В.Тимофеева, Н.В. Железнова и др. // Журнал инфектологии, 2013. – Т. 5 – № 2. – С. 96–102.
2. Герасимов А.Н. Математическое моделирование системы «паразит-хозяин»: автореф. дис. ... док. физ.-мат. наук / А.Н. Герасимов. – М., 2009. – 46с.
3. Голубкова А.А. Эпидемический процесс коревой инфекции в период ее элиминации и стратегические направления контроля в условиях реального времени / А.А. Голубкова, Т.А. Платонова, А.Н. Харитонов и др. // Пермский медицинский журнал. – 2017. – Т. 34. – № 4. – С. 67-73.
4. Скрыбина С.В. Вспышка кори в Свердловской области / С.В. Скрыбина, С.А. Ковязина, С.В. Кузьмин и др. // Эпидемиология и вакцинопрофилактика, 2017. – № 2 (99). – С.50–56.
5. Цвиркун О.В. Эпидемический процесс кори в различные периоды вакцинопрофилактики: дис. ... д-ра мед. наук / О.В. Цвиркун. – М., 2014. – 40с.

УДК 617-089

**Полухинских А.Э., Породилов А.А., Кучумов А.Г.  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ «АОРТА-ЛЕГОЧНАЯ АРТЕРИЯ-ШУНТ»**

Кафедра сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера  
Минздрава России  
Пермь, Российская Федерация

**Poluhinskih A.E., Porodikov A.A.  
MATHEMATICAL MODELING OF THE BIOMECHANICAL SYSTEM  
«AORTA-PULMONARY ARTERIA-BYPASS»**

Department of Cardiovascular Surgery and Invasive Cardiology  
Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner  
Perm, Russian Federation

E-mail:POLUHINSKIH.DOC@MAIL.RU

**Аннотация:** В статье рассмотрены возможности применения математического моделирования и создания биомеханической системы «аорта - легочная артерия-шунт» для визуализации и планирования оперативного вмешательства при коррекции врожденных пороков развития сердца.

**Annotation:** The article deals the possibility of using mathematical modeling and creating a biomechanical system “aorta-pulmonary artery-shunt” for visualization and planning of surgical intervention for the correction of congenital heart defects.