

Уракова Карина Айратовна, Храпов Павел Васильевич

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ ЭБОЛА В ЗАПАДНОЙ АФРИКЕ

В статье анализируются статистические данные по вспышке эпидемии лихорадки Эбола, которая произошла в 2014-2016 гг. в странах Западной Африки. Построена математическая модель распространения эпидемии лихорадки Эбола, найдены оптимальные значения параметров модели, хорошо описывающие статистические данные, определен объем групп риска в каждой стране. Дана оценка числа спасенных врачами жизней после начала использования вакцины rVSV-ZEBOV, разработанной в Канаде.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2017/4-5/25.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2017. № 4-5 (118). С. 97-99. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2017/4-5/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

6. **A European Agenda on Migration** [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/what-we-do/policies/european-agenda-migration/background-information/docs/communication_on_the_european_agenda_on_migration_en.pdf (дата обращения: 21.12.2016).
7. **Migrant Crisis: EU at Grave Risk, Warns France PM Valls** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bbc.com/news/world-europe-35375303> (дата обращения: 15.12.2016).

PROSPECTS FOR EUROPEAN COOPERATION ON MIGRATION REGULATION ISSUES

Tishchenko Kseniya Olegovna

*Peoples' Friendship University of Russia in Moscow
tishchenko.ksenia@gmail.com*

In the article the prospects for cooperation at the pan-European level on the settlement of the migration crisis in the European Union are considered. Poor efficiency of the existing migration policy, legislation and activity of European institutions under new conditions is noted. Particular attention is paid to the principle of "flexible solidarity", which is of key importance in overcoming the consequences caused by massive influx of refugees.

Key words and phrases: The European Union; migration crisis; migration policy; "flexible solidarity"; massive influx of refugees.

УДК 51-76

Физико-математические науки

В статье анализируются статистические данные по вспышке эпидемии лихорадки Эбола, которая произошла в 2014-2016 гг. в странах Западной Африки. Построена математическая модель распространения эпидемии лихорадки Эбола, найдены оптимальные значения параметров модели, хорошо описывающие статистические данные, определен объем групп риска в каждой стране. Дана оценка числа спасенных врачами жизней после начала использования вакцины rVSV-ZEBOV, разработанной в Канаде.

Ключевые слова и фразы: геморрагическая лихорадка Эбола; математическая модель распространения лихорадки; вакцина rVSV-ZEBOV; задача Коши; метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

Уракова Карина Айратовна

Храпов Павел Васильевич, к. ф.-м. н., доцент

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
urakovakarina13@gmail.com; khrapov@bmsu.ru*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ ГЕМОМРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ ЭБОЛА В ЗАПАДНОЙ АФРИКЕ

На протяжении всей истории человечество несколько раз переживало случаи страшных эпидемий. Одной из самых значительных проблем XXI века стала лихорадка Эбола. Геморрагическая лихорадка Эбола – болезнь, вызванная вирусом Эбола. Это заболевание крайне редкое, но очень опасное. Лихорадка началась в Западной Африке и получила очень быстрое распространение вследствие некомпетентности врачей и местных жителей. Главными проблемами Западной Африки являются слабая гигиена, санитария, обычаи местных похорон.

Для предотвращения эпидемии тела умерших необходимо сжигать, однако верования местных жителей препятствуют этому. Погребение – один из важнейших ритуалов Западной Африки. По обычаям местных жителей трупы заболевших нужно хоронить около рек, чтобы вода уносила болезни прочь, поэтому они прятали заболевших от врачей и тайно хоронили умерших. Однако это только усугубляло распространение болезни. Вода переносила эпидемию на города ниже по течению. Народ Западной Африки долгое время не понимал, что лихорадка Эбола – это болезнь, которую необходимо предотвратить. Они считали, что это проклятие или что их целенаправленно заражают и пытаются убить. Врачам приходилось бороться не только с болезнью, но и с враждебностью местных жителей. Все эти факторы значительно повлияли на стремительное распространение болезни, поэтому с 2014 года ученые во всем мире начали разрабатывать новую вакцину. 1 января 2015 года в бюллетене Всемирной организации здравоохранения [10] было сообщено о тестировании двух вакцин, имеющих наибольший потенциал для того, чтобы остановить в дальнейшем вспышку заболевания. Первая вакцина была предложена Национальным институтом США, а вторая – Министерством общественного здравоохранения Канады. По результатам исследований была выбрана вакцина rVSV-ZEBOV [9], разработанная в Канаде, и с 23 марта 2015 года началось испытание. В 2016 г. rVSV-ZEBOV признали принципиально новым лекарственным средством, которое производит компания "Merck, Sharpe & Dohme".

В данной статье рассматриваются математические модели распространения эпидемии [8, с. 238] лихорадки Эбола в Сьерра-Леоне и Гвинее на основе статистических данных [10] относительно числа заболевших и умерших. Найдены оптимальные значения параметров моделей, хорошо описывающие статистические данные, и определен объем групп риска в каждой стране. Аналогичная модель рассмотрена в [6-7] при моделировании распространения эпидемии СПИДа. На Рис. 1-2 показана похожесть протекания этих эпидемий (сравните с [Там же]), различаются только временные масштабы. При современном развитии вычислительной

техники математическое моделирование позволяет обработать большое количество статистических данных, дает хорошее согласие с ними и часто используется в научных исследованиях (см., например, [1-4]).

Пусть N – численность населения страны, G – численность группы риска, то есть количество людей, которые здоровы, но могут заболеть (контактируют с больными, пользуются зараженной водой из рек и т.п.), I – число заболевших, E – число умерших. Группу риска выбираем из расчета количества населения, проживающего в области эпидемии. Заболеваемость пропорциональна числу контактов между людьми из групп риска (G) и заболевшими (I). Скорость, с которой лица «выбывают» из числа заболевших (I), то есть умирают, пропорциональна численности этой группы. Тогда распространение эпидемии можно описать следующей задачей Коши для системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dG}{dt} &= -aGI \\ \frac{dI}{dt} &= aGI - bI. \\ \frac{dE}{dt} &= bI \end{aligned} \quad (1)$$

Эту систему дифференциальных уравнений решаем методом Рунге-Кутты четвертого порядка [5, с. 46]. Задая начальные значения G , I и E , значения параметров a и b , можно рассчитать динамику заболевания.

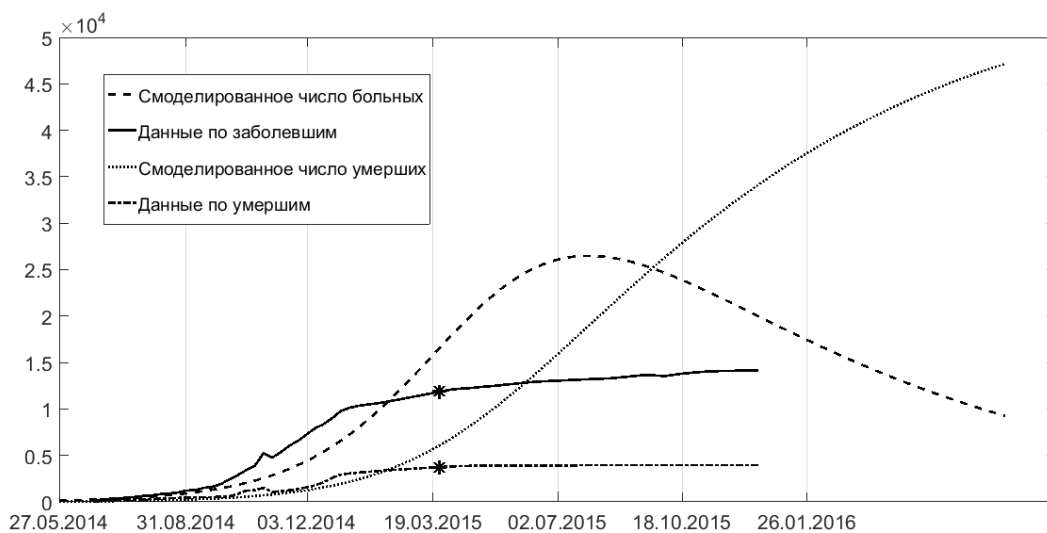


Рис. 1. Динамика распространения лихорадки Эбола в Сьерра-Леоне.
В рассматриваемой модели объем группы риска 57 тысяч человек, $a=8$, $b=1.7$.
Звездочкой (*) на графике отмечен момент начала использования вакцины rVSV-ZEBOV

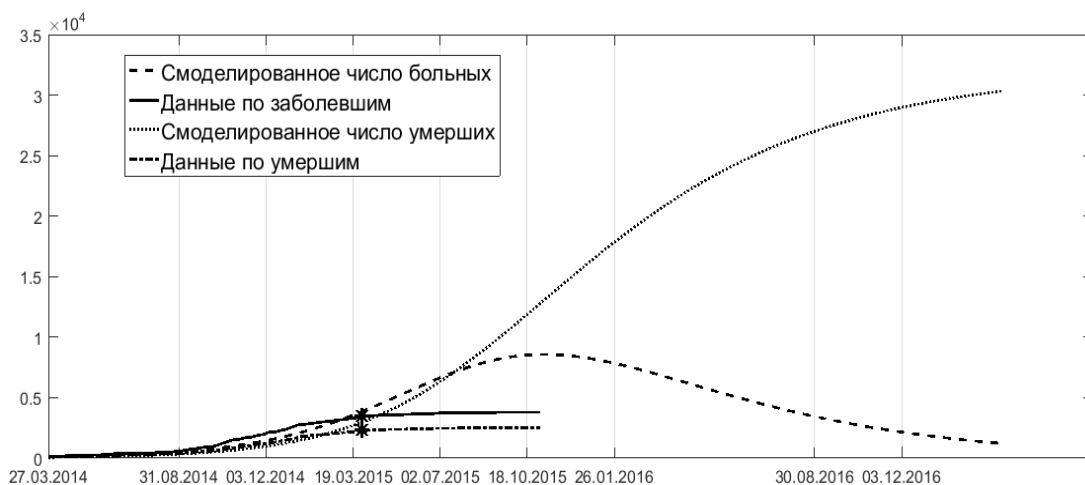


Рис. 2. Динамика распространения Эболы в Гвинее.
В рассматриваемой модели объем группы риска 35 тысяч человек, $a=6,6$, $b=2,6$.
Звездочкой (*) на графике отмечен момент начала использования вакцины rVSV-ZEBOV

На Рис. 1 и 2 показано, что благодаря применению вакцины rVSV-ZEBOV удалось спасти порядка 50 тысяч человек, проживающих в Сьерра-Леоне, и около 30 тысяч человек в Гвинее: после начала ее применения модельные кривые количества заболевших и умерших стали сильно отличаться, применение вакцины значительно снизило интенсивность распространения заболевания. 29 декабря 2015 года ВОЗ объявила об окончании эпидемии лихорадки Эбола в странах Западной Африки. Ее вспышка оставила разрушительные последствия. Помимо человеческих потерь, вред был также нанесен экономике этих стран. Страшная эпидемия напугала весь мир. Вместе с жителями Западной Африки заражались и врачи, прибывшие на место эпидемии. Каждый зафиксированный случай болезни внимательно отслеживался. Однако благодаря стараниям врачей и созданию вакцины были спасены не только тысячи жизней в Западной Африке, но и весь мир был спасен от страшной эпидемии, которая способна с огромной скоростью разнести болезнь по всему миру. «Эбола имела разрушительные последствия для нашей страны. Мы горды тем, что мы смогли внести вклад в разработку вакцины, которая избавит другие народы от того, что испытали мы», – сказал д-р Кейта Сакоба (Keita Sakoba), координатор по борьбе с Эболой и директор Национального агентства санитарной безопасности Гвинеи [9].

В данной работе авторы хотели подчеркнуть огромную важность научных исследований в области медицины и дать количественную оценку числу спасенных жизней в результате таких исследований.

Список источников

1. Кирьянов Д. А., Храпов П. В. Математическое моделирование эволюции звездных систем // Альманах современной науки и образования. 2008. № 7 (14). С. 81-84.
2. Матвеева К. О., Храпов П. В., Шмакова Н. А. Математическая модель динамики популяции трех видов животных // Альманах современной науки и образования. 2009. № 6 (25). С. 117-121.
3. Мещерин И. В., Калмыков А. М., Сидняев Н. И., Федотов А. А., Храпов П. В. Задача определения температурного поля в мерзлых грунтах // Альманах современной науки и образования. 2012. № 7 (62). С. 90-93.
4. Самсоненко А. П., Спиридонов П. В., Сидняев Н. И., Федотов А. А., Храпов П. В. О задаче теплопереноса в многослойных мерзлых грунтах при наличии термостабилизатора // Альманах современной науки и образования. 2012. № 7 (62). С. 126-131.
5. Федотов А. А., Храпов П. В. Численные методы интегрирования, решения дифференциальных уравнений и задач оптимизации. М.: МГТУ, 2015. 76 с.
6. Храпов Н. П., Храпов П. В., Шумилина А. О. Математическая модель и прогноз развития эпидемии СПИДа // Альманах современной науки и образования. 2008. № 12 (19). С. 218-221.
7. Храпов Н. П., Шумилина А. О. Математическое моделирование распространения эпидемии СПИДа // Студенческий научный вестник: сборник тезисов докладов Общеуниверситетской научно-технической конференции «Студенческая научная весна – 2008» (2-30 апреля 2008 г., МГТУ им. Н. Э. Баумана): в 6-ти т. М.: НТА «АПФН», 2008. Т. 6. Ч. 2. С. 12-14.
8. Эберт К., Эдерер Х. Компьютеры. Применение в химии. М.: Мир, 1988. 416 с.
9. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/ebola-vaccine-results/en/> (дата обращения: 31.03.2017).
10. World Health Organization. Ebola Situation Reports [Электронный ресурс]. URL: <http://apps.who.int/ebola/ebola-situation-reports> (дата обращения: 31.03.2017).

MATHEMATICAL MODELING OF EBOLA HEMORRHAGIC FEVER EPIDEMIC DEVELOPMENT IN WESTERN AFRICA

Urakova Karina Airatovna

Khrapov Pavel Vasil'evich, Ph. D. in Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor

Bauman Moscow State Technical University

urakovakarina13@gmail.com; khrapov@bmstu.ru

The article analyzes statistical data on Ebola epidemic outbreak, which occurred in West African countries in 2014-2016. A mathematical model of Ebola fever epidemic spread is constructed, optimal values of model parameters that describe statistical data well are identified, the volume of risk groups in each country is determined. An estimate of the number of lives saved by doctors after the start of using the rVSV-ZEBOV vaccine developed in Canada is given.

Key words and phrases: Ebola hemorrhagic fever; mathematical model of fever spread; rVSV-ZEBOV vaccine; Cauchy problem; Runge-Kutta method of the fourth order.