

УДК: 614.4:616.9-036.22

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭПИДЕМИЙ. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕР ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

А.Г. Бачинский, Л.Ф. Низоленко

ФБУН Государственный научный центр вирусологии А.Г. и биотехнологии «Вектор», п. Кольцово

Представлена модель, оптимизирующая использование ресурсов при подготовке к отражению угроз биобезопасности и в процессе противодействия эпидемиям, вызываемым возбудителями некоторых инфекций, представляющих исключительную эпидемиологическую опасность или социально значимых. Модель доступна по ссылке <http://vector-epimod.ru>.

Ключевые слова: *эпидемии, математическая модель, ресурсные ограничения, оптимизация интервенций*

AN UNIVERSAL MODEL OF EPIDEMICS: OPTIMIZING OF COUNTERACTIONS

A.G. Bachinsky, L.F. Nizolenko

State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector", Koltsovo

A model that optimizes utilization of resources when preparing to counter the bioterrorism threats or responding to epidemics caused by epidemiologically dangerous or socially significant pathogens is presented. The model is available at <http://vector-epimod.ru>.

Key words: *epidemic, mathematical model, limited resources, optimizing of interventions.*

Множество работ посвящено выбору оптимальных стратегий противодействия эпидемиям: вакцинации (массовая, циркулярная, вакцинация групп риска), карантина, изоляции и лечения. Однако, как правило, за небольшим исключением [1], при этом не оценивается «цена» интервенций. Отсюда вытекает необходимость оптимизации мер противодействия с учетом потерь от эпидемий и цены интервенций.

Материалы и методы

В Государственном научном центре вирусологии и биотехнологии «Вектор» разрабатывается универсальная модель для прогнозирования сценариев развития эпидемий (вспышек) опасных и социально значимых инфекций [2, 3]. Предполагается, что данная модель способна описывать развитие любой эпидемии острого инфекционного заболевания, когда инфицирование происходит из некоторого внешнего источника или при случайных контактах между людьми независимо от пола, возраста и других социально-демографических особенностей групп населения.

При расчете динамики эпидемии (вспышки) последовательно могут задаваться три уровня противоэпидемических мероприятий (ПЭМ), определяющих, в основном, скорость выявления и изоляции (наблюдения) инфицированных, контактных и подозрительных на заболевание лиц. Кроме этих трех режимов, для некоторых инфекций задается карантин, массовая вакцинация и вакцинация групп риска, включающих контактных и подозрительных на заболевание лиц. Все указанные меры противодействия реализуются при наличии соответствующих ресурсов, к которым относятся квалифицированный медперсонал, места для изоляции/наблюдения больных, контактных и подозрительных на заболевание лиц, запасы профилактических препаратов и лекарственных средств. При исчерпании ресурсов уровни активности соответствующих мер противодействия могут быть снижены вплоть до полного прекращения.

Модель в настоящее время адаптирована к десяти инфекциям, большей частью относящимся к категории опасных. Она предоставляет пользователю-эпидемиологу широкий круг инструментов исследования локальных вспышек и эпидемий. Пользователь может интерактивно изменять все параметры моделирования и изучать таким образом влияние на прогноз развития эпидемии тех или иных характеристик инфекционных агентов, особенностей населенного пункта или региона, ресурсной обеспеченности, моментов включения и интенсивности противоэпидемических мероприятий. Более того, пользователь-эксперт может задавать для моделирования любое инфекционное заболевание, отсутствующее в списке тех, для которых модель адаптирована.

Одной из возможностей модели является оптимизация мер противодействия. Пользователь может интерактивно задать начальные значения и допустимые границы для каждого из факторов оптимизации. Поддержание определенного уровня готовности к отражению биологической угрозы, как и применение интервенций, факторы оптимизации требуют некоторых затрат: материальных

и/или человеческих, поэтому пользователь задает кроме начальных значений «цену» или вес единицы каждого фактора, так что сумма затрат на поддержание или применение заданных значений факторов входит в критерий оптимизации. Второй составной частью критерия является сумма потерь от эпидемии, зависящая от ряда ее показателей и назначаемых пользователем весов этих показателей. К заданию весов следует относиться наиболее внимательно, так как слишком малые веса фактически исключают влияние факторов или параметров на значения критерия по сравнению с остальными. Слишком большие значения весов нивелируют влияние других факторов.

Для оптимизации используется генетический алгоритм, имитирующий развитие некоторой популяции, в которой отбираются наиболее приспособленные генотипы.

Результаты и обсуждение

При исследовании эффекта оптимизации мер противодействия была проведена оптимизация интервенций для всех инфекций, к которым адаптирована модель. Все параметры расчетов динамики эпидемий принимались теми, что предлагаются на сервере модели «по умолчанию». «Цены» факторов оптимизации также были одинаковыми для всех расчетов. Одинаковыми же были и веса потерь от эпидемий в критерии оптимизации. За исключением гриппа все расчеты стартовали с численности первично инфицированных 500 человек, что, в принципе, соответствует массовой террористической атаке или крупномасштабной аварии на предприятиях, осуществляющих деятельность с возбудителями инфекционных заболеваний. Расчеты проводились на сервере модели. Параметры, характеризующие собственно инфекции, и их обоснование можно посмотреть на сервере.

Оказалось, что минимальные значения критерия достигаются обычно при условии, что большая часть факторов располагается в границах принятых по умолчанию допустимых значений. Низкие оптимальные значения ряда факторов объясняются тем, что, как принято по умолчанию, все ресурсные ограничения снимаются при жестком режиме противоэпидемических мероприятий. Таким образом, с этого момента все ресурсы можно получить «бесплатно», и, следовательно, нет необходимости поддерживать дорогостоящую мобилизационную готовность по ряду факторов. В том случае, когда оптимальные значения факторов приближаются к границам допустимости, перед пользователем возникает дилемма: расширять их или, если они действительно реальные, зафиксировать значения ряда факторов на границах, исключить их из оптимизации и повторить оптимизацию для оставшихся факторов.

Расчеты показали эффективность реализованной в модели возможности оптимизации интервенций. Оптимизация приводит к существенному снижению всех показателей, задающих оценку потерь от эпидемий, таких, как общее число инфицированных, летальность и другие.

Разные инфекции по-разному чувствительны к процедуре оптимизации. Как и ожидалось, чем более контактозна инфекция, тем более чувствительна вызываемая ею эпидемия к оптимизации мер противодействия. Наиболее чувствительными к оптимизации интервенций оказались грипп, для которого значение критерия снижается почти в 100 раз, и легочная форма чумы, для которой значение критерия снижается более чем на 80%. Наименее чувствительны геморрагическая лихорадка Марбург и сибирская язва.

Таким образом, задавая границы допустимости факторов, определяющих эффективность интервенций, и цену их поддержания или реализации, можно получить их значения, близкие к оптимальным, и оценить возможность полноценной реализации мер противодействия для эпидемий ряда, а при достаточной квалификации пользователя и всех острых инфекционных заболеваний, для которых половыми различиями, возрастом и другими социально-демографическими особенностями групп населения можно пренебречь.

Отметим, что все рассуждения справедливы только с учетом тех параметров моделирования, которые задаются «по умолчанию». Если пользователь существенно изменит сроки реализации мер противодействия, «цену» факторов и веса потерь, выводы могут оказаться другими.

Литература

1. Бачинский А.Г. 30 лет после ликвидации оспы: исследования продолжаются. 10.2. Математическая модель локальной эпидемии натуральной оспы с учетом мер противодействия и ресурсных ограничений [Под ред. Г.Г. Онищенко, И.Г. Дроздова]. – Кольцово: Информ-Экспресс, 2010. – С. 253–283.
2. Bachinsky A. G., Nizolenko L. Ph. A Universal Model for Predicting Dynamics of the Epidemics Caused by Special Pathogens // BioMed Research International. – Vol. 2013, Article ID 467078, 7 pages, 2013. doi:10.1155/2013/467078, <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/467078/>.
3. Kleczkowski A., Oles' K., Gudowska-Nowak E., Gilligan C.A., Searching for the most cost-effective strategy for controlling epidemics spreading on regular and small-world networks // J. R. Soc. Interface. – 2012. – Vol. 9. – P. 158–169.

Ответственный автор

Бачинский Александр Петрович – зав. лабораторией ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии канд. физ-мат наук. Тел.: (3952) 22-13-12. E-mail: confirk2014@mail.ru

УДК: 614.4:616.98:578.835.15Poliovirus(571.53)

О РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ «ДИКОГО» ПОЛИОВИРУСА НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.А. Гаврилова, И.А. Рудакова, Т.П. Баландина, С.В. Каверзина
Управление Роспотребнадзора по Иркутской области, Иркутск

В рамках реализации плана по поддержанию бесполиомиелитного статуса Иркутской области особую значимость приобретают мероприятия по своевременному выявлению завоза «дикого» полиовируса и оперативного проведения комплекса противозидемических мероприятий. В 2009 г. в Иркутской области зарегистрирован случай полиомиелита, вызванного «диким» полиовирусом у девятимесячного ребёнка, прибывшего из Республики Таджикистан. Проведённый комплекс мер позволил локализовать очаг полиомиелита и предотвратить распространение возбудителя среди населения Иркутской области.

Ключевые слова: миграционные процессы, завоз инфекции, полиовирус, иммунизация

ABOUT REALIZATION OF ACTIONS FOR PREVENTION OF "WILD" POLIOVIRUS DISTRIBUTION IN IRKUTSK REGION

T.A. Gavrilova, I.A. Rudakova, T.P. Balandina, S.V. Kaverzina
Administration of Rospotrebnadzor in the Irkutsk region, Irkutsk

According to the plan realization for maintenance of without poliomyelitis status in the Irkutsk region, the special importance has the actions for timely detection of "wild" poliovirus importation and operative implementation of a complex anti-epidemic measures. In 2009 a case of the poliomyelitis caused by "wild" poliovirus was registered in the nine-month child arrived from Republic Tajikistan to Irkutsk region. The complex of measures permitted to localize the poliomyelitis focus and to prevent distribution of the causative agent in the Irkutsk region population.

Key words: migratory process, infection importation, poliovirus, immunization.

В современных условиях интенсификации миграционных процессов населения эпидемиологический надзор за некоторыми нозологическими формами инфекционных заболеваний приобретает особую значимость в плане своевременного выявления завоза инфекции и оперативного проведения комплекса противозидемических мероприятий.

В мае 2010 г. на территории Иркутской области осложнилась эпидемиологическая ситуация в связи с выявлением случая полиомиелита, вызванного «диким» полиовирусом у девятимесячного ребёнка, прибывшего из Республики Таджикистан. Девочка с мамой прибыла в г. Иркутск авиатранспортом. При прохождении пункта пропуска через Государственную границу Российской Федерации в медицинском пункте аэропорта г. Иркутска ребёнок был привит оральной полиовакциной, в связи с неблагоприятной ситуацией по полиомиелиту на территории Республики Таджикистан. Через несколько дней ребёнок госпитализирован в инфекционный стационар г. Ангарска Иркутской области, где ему поставлен диагноз «Острый паралитический полиомиелит». Проведён забор биоматериала от больной и контактных лиц в домашнем очаге. При сборе эпиданамнеза выяснено, что по месту