

УДК 616.9-036.22-085-039.78

DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.03

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ, СВЯЗАННОГО С ОСОБО ОПАСНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ

**В.Ю. Смоленский<sup>1</sup>, П.З. Шур<sup>2</sup>, Д.В. Суворов<sup>2</sup>, О.И. Голева<sup>2,3</sup>,  
В.А. Сафронов<sup>4</sup>, Е.В. Хрущева<sup>2</sup>, И.В. Виндокуров<sup>2,5</sup>**

<sup>1</sup>Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, 18, стр. 5

<sup>2</sup>Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

<sup>3</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, Букирева, 15

<sup>4</sup>Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Россия, 410005, г. Саратов, ул. Университетская, 46

<sup>5</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29

---

*В ходе оценки риска здоровью, обусловленного особо опасными инфекциями, для оценки вероятности заболевания и смерти может быть использовано математическое моделирование эпидемиологического процесса, позволяющее имитировать его развитие без проведения противоэпидемических мероприятий. Полученные в результате моделирования показатели количественной оценки случаев заболеваний и смерти вкупе с фактическими данными о предотвращенных даже в условиях проведения противоэпидемических мероприятий потерях могут быть использованы как основа для оценки экономического эффекта. Экономический эффект противоэпидемических мероприятий рассчитывали в разрезе косвенных предотвращенных потерь от сокращения случаев смертности и заболеваемости в денежных единицах внутреннего валового продукта.*

*Расчет осуществлялся в соответствии с «Методологией расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения» (Москва, 2012) и предусматривал оценку потерь в текущем году и на период дожития (для случаев смерти).*

*В результате апробации методики на примере вспышки лихорадки Эбола в Гвинейской Республике в 2014–2016 гг. показано, что без проведения противоэпидемических мероприятий, включающих значительную помощь третьих стран, в том числе и Российской Федерации, количество случаев болезни, вызванной вирусом Эбола, могло составить 521 289, а количество смертей по этой причине – 56 345.*

*Российская Федерация в лице Ростпотребнадзора внесла серьезный вклад в ликвидацию вспышки лихорадки Эбола в Гвинейской Республике, направив туда в августе 2014 г. специализированную противоэпидемическую бригаду (СПЭБ), которая в 2014–2016 гг. оказала значительное содействие в диагностике, подготовке персонала, организации противоэпидемических мероприятий. Предотвращенный риск от помощи третьих стран, включая Российскую Федерацию, составил 517 485 случаев заболевания и 53 809 случаев смерти. Экономический эффект для Гвинейской Республики от противоэпидемических мер по минимизации риска с помощью третьих стран оценивается в 229,51 млн долларов США, что составляет около 3,5 % ВВП Гвинейской Республики.*

**Ключевые слова:** оценка риска, экономический эффект, моделирование, минимизация риска, особо опасные инфекции, противоэпидемические мероприятия, вирус Эбола.

---

© Смоленский В.Ю., Шур П.З., Суворов Д.В., Голева О.И., Сафронов В.А., Хрущева Е.В., Виндокуров И.В., 2017  
**Смоленский Вячеслав Юрьевич** – кандидат медицинских наук, начальник управления научного обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и международной деятельности (e-mail: aidsCouncil@gsen.ru; тел.: 8 (499) 973-26-93).

**Шур Павел Залманович** – доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Суворов Дмитрий Владимирович** – лаборант-исследователь (e-mail: dvs-86@mail.ru; тел: 8 (342) 238-33-37).

**Голева Ольга Ивановна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов, кредита и биржевого дела (e-mail: OlgaGoleva@psu.ru; тел: 8 (342) 239-62-94).

**Сафронов Валентин Алексеевич** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник (e-mail: neuro@mail@rambler.ru; тел.: 8 (845) 226-21-31).

**Хрущёва Екатерина Вячеславовна** – математик лаборатории методов и технологий управления рисками (e-mail: Khrrushceva@fcrisk.ru; тел: 8 (342) 238-33-37).

**Виндокуров Илья Владимирович** – математик лаборатории методов и технологий управления рисками, студент I курса магистратуры кафедры «Динамика и прочность машин» факультета прикладной математики и механики (e-mail: dpm13b@mail.ru; тел: 8 (342) 238-33-37).

В мировой практике к особо опасным инфекциям (ООИ) принято относить инфекционные болезни, которые могут вызвать в соответствии с международными медико-санитарными правилами ВОЗ (ММСП-2005)<sup>1</sup> чрезвычайную ситуацию санитарно-эпидемиологического характера международного значения. Эти инфекции характеризуются высокой контагиозностью, способны к быстрому эпидемическому распространению с охватом больших масс населения и/или способны вызвать тяжелые или стойкие индивидуальные нарушения здоровья с большой вероятностью летального исхода в короткие сроки от заражения или длительной последующей потерей трудоспособности и инвалидизацией переболевших.

Для снижения угроз, вызванных ООИ, необходимо проводить профилактические и противоэпидемические мероприятия с оценкой их результативности и эффективности. Известны подходы, когда при определении эффекта вакцинопрофилактики в качестве оценочных показателей использовалась разница уровней заболеваемости в вакцинированных и невакцинированных группах [3, 6].

Все большую актуальность при планировании таких мероприятий приобретает оценка экономического эффекта их реализации. В то же время целесообразно рассмотреть предотвращенный риск для здоровья населения как эффект противоэпидемических мероприятий [1, 5]. Однако методы оценки эффекта с использованием критериев риска, позволяющих количественно определить предотвращенные потери, обусловленные ООИ, и дать их экономическую оценку в настоящее время, мало разработаны как в мире, так и в России, поскольку использование риска в анализе ООИ встретить не удалось.

При анализе риска здоровью, обусловленного ООИ, для оценки вероятности заболевания и смерти может быть использовано математическое моделирование эпидемиологического процесса, позволяющее имитировать его развитие без противоэпидемических мер с количественной характеристикой числа случаев заболеваемости и смертности [4, 10, 14, 17, 20]. Подобная информация вместе с фактическими

данными о непредотвращенных даже в условиях проведения мероприятий по купированию эпидемии потерях может быть использована в качестве базиса для оценки экономического эффекта противоэпидемических мер и, соответственно, для совершенствования планирования будущих мероприятий по противодействию ООИ и их трансграничному распространению.

Представлялось актуальным апробирование этих подходов на примере болезни, вызванной вирусом Эбола (БВВЭ). Крупнейшая за историю наблюдений вспышка данной инфекции была зарегистрирована в 2014–2016 гг. в трех странах Западной Африки (Гвинейская Республика, Либерия и Сьерра-Леоне). Заболевание не только нанесло значительный экономический ущерб, но и стало серьезной угрозой биологической безопасности во всем мире.

**Цель работы** – разработать методические подходы к оценке экономического эффекта от мероприятий по минимизации риска здоровью, связанного с особо опасными инфекциями, и апробировать эти методы на примере ликвидации эпидемии БВВЭ в Гвинейской Республике.

**Материалы и методы.** Для разработки методических подходов было проанализировано 143 источника литературы по особо опасным инфекциям. Использовались поисковые платформы (Pubmed, elibrary.ru). Средние фактические данные по заболеваемости, смертности, численности населения были получены из открытых источников, таких как сайт ВОЗ (<http://www.who.int/ru/>), Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). Экономические данные получены из таких официальных источников, как сайт Всемирного банка (<http://www.worldbank.org/>), база данных ООН (<http://data.un.org>), сайт ВОЗ (<http://www.who.int>).

Для моделирования развития эпидемии без оказания помощи была использована математическая SEIIFR-модель, которая достаточно полно описывает течение заболевания [9].

Экономический эффект противоэпидемических мероприятий рассчитывали в разрезе косвенных предотвращенных потерь от сокращения случаев смертности и заболеваемости

<sup>1</sup> Международные медико-санитарные правила (2005). – 3-е изд. [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – 2016. – 92 с. – URL: <http://www.who.int/ihr/publications/9789241580496/ru/> (дата обращения: 12.06.2017).

в денежных единицах ВВП. Расчет проводили в соответствии с «Методологией расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения», утвержденной Приказом Минэкономразвития, Минздравсоцразвития, Минфина и Росстата № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 г.<sup>2</sup>, учитывая оценку потерь в текущем году и на период дожития (для случаев смерти). Оценка эффекта в денежном выражении дает возможность рассчитать экономическую эффективность подобных мероприятий по снижению рисков для жизни и здоровья населения от ООИ.

При разработке методических подходов к оценке экономического эффекта от мероприятий по минимизации риска здоровью, связанного с особо опасными инфекциями, учитывались следующие положения:

1) оценка риска заболеваемости и смертности, связанного с особо опасными инфекциями, без действий, направленных на его снижение, рассчитывается по результатам математического моделирования эпидемического процесса;

2) оценка риска заболеваемости и смертности, связанного с особо опасными инфекциями, при проведении действий по его снижению базируется на фактических данных;

3) разница между прогнозируемым риском без воздействия и фактическими данными рассматривается как риск, предотвращенный в результате противоэпидемических мероприятий.

Предлагаемые методические подходы включают последовательное выполнение следующих действий:

1) оценку потенциального риска заболеваемости и смертности от ООИ в случае естественного распространения эпидемий при помощи математического моделирования;

2) анализ фактических данных о заболеваемости и смертности по причине ООИ;

3) оценку предотвращенного риска как разности между потенциальным риском и фактическими данными;

4) экономическую оценку предотвращенного риска как эффекта противоэпидемических мероприятий.

Для расчета количественных показателей потенциального риска заболеваемости и смер-

ности по причине особо опасной инфекции предполагается использование математических моделей, таких как SEIR, SEINFR – для лихорадки Эбола, SIR – для ВИЧ-инфекции и др. [14–16].

Для таких моделей ключевыми классами являются:

– число восприимчивых индивидуумов, находящихся в группе риска, в момент времени  $t$ ;

– число инфицированных индивидуумов, способных распространить заболевание, в момент времени  $t$ ;

– число индивидуумов, выбывших из предыдущего класса в результате выздоровления или смерти, в момент времени  $t$ .

Данные модели могут быть реализованы с помощью пакета прикладных программ MATLAB.

Анализ фактических данных о заболеваемости и смертности по причине ООИ проводится с использованием информации из открытых источников, например, сайта Всемирной организации здравоохранения, библиотеки PubMed, баз данных центров по контролю за заболеваниями и др.

При оценке предотвращенного риска как разности между потенциальным риском и фактическими данными о заболеваемости и смертности необходимо учитывать, что в ряде случаев заболеваемость при проведении эффективных противоэпидемических мероприятий может быть выше за счет большей выявляемости инфекции. В то же время смертность в результате проведения противоэпидемических мероприятий, как правило, уменьшается, за счет раннего выявления заболевания и оказания своевременной помощи.

Для целей экономической оценки эффекта мероприятий (или участия в подобных мероприятиях), направленных на снижение риска для здоровья населения страны, предусмотрен сценарный подход. Рассматриваются сценарий естественного развития эпидемического процесса без проведения противоэпидемических мероприятий («модель бездействия»), предусматривающий полную реализацию риска заболеваемости ООИ и смертности по причине этой инфекции, и сценарий, при котором такой

<sup>2</sup> Методология расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения [Электронный ресурс] / утв. Приказом Минэкономразвития, Минздравсоцразвития, Минфина и Росстата № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 года. – 2012. – 12 с. – URL: [https://rg.ru/pril/73/43/77/23983\\_metodologija.pdf](https://rg.ru/pril/73/43/77/23983_metodologija.pdf) (дата обращения: 12.06.2017).

риск реализуется не полностью вследствие проведения противоэпидемических мероприятий («фактический»).

Предотвращенные потери в денежном выражении (предотвращенные потери ВВП страны) вследствие снижения смертности и заболеваемости оцениваются как разность потерь в денежном выражении по модели «бездействия» и фактических потерь в денежном выражении:

$$\text{ПЭП} = \text{ЭП}_{\text{«МБ»}} - \text{ЭП}_{\text{факт}},$$

где ПЭП – предотвращенные экономические потери (эффект противоэпидемических мероприятий);

$\text{ЭП}_{\text{«МБ»}}$  – экономические потери по «модели бездействия» (потери от заболеваемости населения ООИ, смертности по их причинам – без воздействия мер и затрат на противоэпидемические мероприятия);

$\text{ЭП}_{\text{факт}}$  – экономические потери фактические (потери от смертности и заболеваемости населения из-за ООИ).

**Экономические потери** (для любого сценария) складываются из экономических потерь от смертности и заболеваемости:

$$\text{ЭП}_j = \text{ЭПЗ}_j + \text{ЭПС}_j,$$

где  $\text{ЭП}_j$  – экономические потери от ООИ, связанные со смертностью и заболеваемостью населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»);

$\text{ЭПЗ}_j$  – экономические потери от заболеваемости населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»);

$\text{ЭПС}_j$  – экономические потери от смертности населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»).

**Экономические потери от заболеваемости** населения из-за влияния ООИ за год рассчитываются по формуле:

$$\text{ЭПЗ}_j = \text{ПСЗ}_j \cdot \text{ЧСЗ}_j \cdot \frac{\text{ВВП}}{365 \cdot \text{ЧЗ}},$$

где  $\text{ПСЗ}_j$  – средняя продолжительность случая заболевания среди трудоспособного населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»);

$\text{ЧСЗ}_j$  – число случаев заболевания среди трудоспособного населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»);

ВВП – внутренний валовой продукт страны в отчетном году;

ЧЗ – численность занятых в стране в отчетном году.

**Экономические потери в результате смертности** трудоспособного населения страны, где возникла ООИ, за год рассчитываются по формуле:

$$\text{ЭПС}_j = \text{ЧСС}_j \cdot \frac{\text{ВВП}}{\text{ЧЗ}} \left( 0,5 + \sum_i^{70} \text{УЗ}_i \cdot p_i \right),$$

где  $\text{ЧСС}_j$  – число случаев смерти среди населения по сценарию  $j$  (факт, «модель бездействия»);

$\text{УЗ}_i$  – уровень занятости в стране в отчетном году;

$p_i$  – вероятность дожития от возраста  $x-1$  до возраста  $x$  в исследуемой стране.

0,5 – коэффициент, учитывающий распределение времени смертей в течение года (используется только для трудоспособного населения).

Апробирование предложенных методических подходов производилось на примере оценки эффективности мер по купированию вспышки болезни, вызываемой вирусом Эбола (БВВЭ), в Гвинейской Республике в 2013–2016 гг.

При расчете количественных показателей потенциального риска заболеваемости и смертности от БВВЭ в Гвинейской Республике использовалась SEIIFR-модель, которая включает следующие переменные:

–  $S(t)$  – число восприимчивых индивидуумов, находящихся в группе риска, в момент времени  $t$ ;

–  $E(t)$  – число индивидуумов, заболевание которых находится в инкубационном периоде, в момент времени  $t$ ;

–  $I(t)$  – число инфицированных индивидуумов, способных распространить заболевание, в момент времени  $t$ ;

–  $H(t)$  – число индивидуумов, которые были госпитализированы, в момент времени  $t$ ;

–  $F(t)$  – число индивидуумов, которые умерли в момент времени  $t$ ;

–  $R(t)$  – число индивидуумов, выбывших из предыдущего класса в результате выздоровления или смерти, в момент времени  $t$ .

**Результаты и их обсуждение.** При использовании параметров, полученных путем анализа литературных данных [6, 7, 13, 15] (табл. 1), показано, что по результатам моделирования за весь период течения эпидемии в Гвинейской Республике в 2013–2016 гг. могло быть инфицировано 521 289 человек, умерло бы 56 345. Вместе с тем, как отмечается в научной литературе, следует учитывать, что моделирование в силу неизбежного упрощения изучаемого процесса, невозможности учета реаль-

Таблица 1

Параметры, применимые для математической SEINFR-модели при БВВЭ  
в Гвинейской Республике за 2013–2016 гг.

Параметр	Значение
Скорость контакта в обществе, чел. при контакте с одним инфицированным	1,4
Скорость контакта в больнице, чел. при контакте с одним инфицированным	0,4
Скорость контакта на похоронах, чел. при контакте с одним инфицированным	0,5
Инкубационный период, сут	12,7
Время до госпитализации, сут	3,24
Время от госпитализации до смерти, сут	5,0
Продолжительность традиционных похорон, сут	4,5
Продолжительность заражения, сут	15,00
Время от заражения до смерти, сут	13,31
Время от госпитализации до восстановления, сут	15,88
Вероятность случая госпитализации	0,197
Коэффициент смертности (не госпитализированный)	0,6
Средняя продолжительность случая заболевания лихорадкой Эбола, сут	21
Частота смертности госпитализированных пациентов	0,4

ных его особенностей в конкретных условиях и др., не может служить гарантом того, что получаемые при этом результаты абсолютно достоверно отражают закономерности развития реального эпидемического процесса, что, вероятно, отражено на моделировании летальности [2, 7]. При анализе фактических данных о заболеваемости и смертности по причине БВВЭ установлено, что частота случаев заболеваний (ЧСЗ) лихорадкой Эбола за весь период составила 3804 случая, а частота случаев смерти (ЧСС) от лихорадки Эбола за весь период – 2536<sup>3</sup>.

Используя данные, полученные при моделировании (прогнозируемый риск), и фактические данные (реализованный риск) о заболевае-

мости и смертности, был оценен предотвращенный риск. Установлено, что при оказании помощи третьими странами (в том числе Российской Федерацией) в Республике Гвинея было предотвращено 517 485 случаев инфицирования лихорадкой Эбола и 53 809 летальных случаев [2, 7]. Полученные данные были использованы для расчета экономического эффекта мер по минимизации риска здоровью.

Для экономической оценки предотвращенного риска как эффекта противоэпидемических мероприятий, кроме значений, представленных в табл. 1, также использовались медико-демографические и экономические параметры, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Медико-демографические и экономические параметры для экономической оценки эффекта противоэпидемических мероприятий по купированию вспышки лихорадки Эбола в Гвинея в 2014–2016 гг.

Параметр	Значение
Численность населения, абс.	13 247 808
ЧЗ населения, млн чел.	6,138 <sup>4</sup>
ВВП, млрд. долл.	6,579 <sup>3</sup>
ЧСЗ лихорадкой Эбола за весь период ( <i>факт</i> ), абс.	3 804
ЧСЗ лихорадкой Эбола за весь период ( <i>по «модели бездействия»</i> ), абс.	521 289
Средняя продолжительность случая заболевания лихорадкой Эбола ( <i>факт</i> ), абс.	15
Доля детей/взрослых среди заболевших, %	20/80
ЧСС от лихорадки Эбола за весь период ( <i>факт</i> ), абс.	2 536
ЧСС от лихорадки Эбола за весь период ( <i>по «модели бездействия»</i> ), абс.	56 345

<sup>3</sup> UNData: A World of information [Электронный ресурс]. – URL: <http://data.un.org> (дата обращения: 13.06.2017).

<sup>4</sup> Central Intelligence Agency [Электронный ресурс]. – URL: [www.cia.gov](http://www.cia.gov) (дата обращения: 13.06.2017).

Экономическая сторона распространения лихорадки Эбола в странах Африки рассматривалась разными исследовательскими группами:

♦ отчеты группы Всемирного Банка (2014, 2015) содержат данные о краткосрочных потерях ВВП Западной Африки от 2,2 до 7,4 млрд долларов (2014), среднесрочные потери оцениваются от 1,6 до 25,2 млрд долларов (в зависимости от сценария развития эпидемии) [12, 20];

♦ исследования группы развития ООН по Западной и Центральной Африке содержат информацию о средних прогнозируемых потерях ВВП в 2014–2017 гг. в Гвинее – на уровне 184,4 млн долларов ежегодно, 187,7 млн долларов в Либерии, от 219 до 286 млн долларов в Сьерра-Леоне (в зависимости от сценария) [8, 18, 19];

♦ по данным Центров контроля и профилактики заболеваний США «2,2 млрд долларов составили потери ВВП Гвинеи, Либерии и Сьерра-Леоне в 2015 г., представляя собой опасность не только для макроэкономической стабильности, но и для продовольственной безопасности, развития человеческого капитала и роста частного сектора» [11].

В указанных исследованиях рассматривались как прямые, так и косвенные потери от сокращения трудовых ресурсов страны. Во всех случаях необходимым условием экономической оценки является сценарный анализ развития событий.

Предотвращенные экономические потери ВВП Гвинеи от заболеваемости при эффективности противоэпидемических мероприятиях составили 25,5 млн долларов, а предотвращенные экономические потери ВВП Гвинеи от смертности 204,01 млн долларов. Таким образом эффект противоэпидемических мероприятий составил 229,51 млн долларов.

Полученный эффект отражает предотвращенные экономические потери Гвинейской Республики только от сокращения периода экономической активности населения страны в результате смертности (в отчетном периоде и на период дожития до 70 лет) и заболеваемости (с учетом производительности труда в стране) от лихорадки Эбола. Даже в этом случае оценки потерь сопоставимы с полученными ранее результатами.

#### **Выводы:**

1. Методические подходы к оценке эффекта мер по снижению риска здоровью, обусловленного особо опасными инфекциями (в данном случае противоэпидемических мер), должны включать математическое моделирование риска заболеваемости и смертности в результате эпидемического процесса, анализ фактических уровней заболеваемости и смертности с оценкой экономических потерь, обусловленных эпидемией.

2. При апробации предложенных подходов в результате математического моделирования эпидемического процесса на примере эпидемии лихорадки Эбола в Гвинейской Республике в 2014–2016 гг. показано, что без осуществления противоэпидемических мероприятий, включая оказание содействия со стороны третьих стран, в том числе Российской Федерации, число заболеваний лихорадкой Эбола могло составить 521 289 случаев, а количество смертей по этой причине – 56 345.

3. Предотвращенный риск от противоэпидемических мероприятий, включая содействие третьих стран, в том числе и Российской Федерации, составил 517 485 случаев заболевания и 53 809 случаев смерти.

4. Экономический эффект от противоэпидемических мер по минимизации риска с помощью третьих стран и Российской Федерации оценивается в 229,51 млн долларов США ВВП Гвинеи.

#### **Список литературы**

1. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / под общ. ред. Г. Г. Онищенко, Н. В. Зайцевой. – Москва; Пермь, 2014. – 738 с.
2. Башабшех М.М., Масленников Б.И. Имитационное моделирование пространственно-клеточных автоматов с помощью программы AnyLogic [Электронный ресурс] // Наукоедение: интернет-журнал. – 2013. – № 6 (19). – Идентификационный номер статьи в журнале: 135TVN613. – URL: <http://naukovednie.ru/PDF/135TVN613.pdf> (дата обращения: 30.06.2017).
3. Гендон Ю.З., Васильев Ю.М. Эпидемиологическая и экономическая эффективность закрытия школ при эпидемиях и пандемиях гриппа // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2012. – № 3. – С. 113–123.
4. Плавинский С.Л. Математическое моделирование распространения инфекций, передающихся половым путем. Значение для общественного здоровья и здравоохранения // Медицина. – 2013. – № 2. – С. 29–37.

5. Фактическая заболеваемость населения субъекта РФ: оценка экономического эффекта (потерь) / А.А. Ушаков, И.П. Салдан, О.И. Голева, Т.Н. Карпова // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 74–78.
6. Шаханина И.Л., Ясинский А.А. Концепция определения экономической эффективности вакцинопрофилактики // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2010. – Т. 53, № 4. – С. 74–80.
7. Ющук Н.Д., Мартынов Ю.В. Эпидемиология: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2003. – 448 с.
8. Assessing the socio-economic impacts of Ebola Virus Disease in Guinea, Liberia and Sierra Leone: The Road to Recovery [Электронный ресурс]. – 2014. – 72 p. – URL: [http://www.africa.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/EVD % 20Synthesis % 20Report % 2023Dec2014.pdf](http://www.africa.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/EVD%20Synthesis%20Report%2023Dec2014.pdf) (дата обращения: 10.06.2017).
9. Assessing the International Spreading Risk Associated with the 2014 West African Ebola Outbreak [Электронный ресурс] // PLOS: Current Outbreak. – 2014. – URL: <http://currents.plos.org/outbreaks/article/assessing-the-international-spreading-risk-associated-with-the-2014-west-african-ebola-outbreak/> (дата обращения: 10.06.2017).
10. Chains of transmission and control of Ebola virus disease in Conakry, Guinea, in 2014: an observational study / O. Faye, P.Y. Boëlle, E. Heleze, O. Faye, C. Loucoubar, N. Magassouba, B. Soropogui, S. Keita, T. Gakou, H.I. Bah el, L. Koivogui, A.A. Sall, S. Cauchemez // Lancet. – 2015. – Vol. 15, № 3. – P. 320–326.
11. Cost of the Ebola Epidemic: CDC Document. – 2016. – URL: <https://www.cdc.gov/vhf/ebola/pdf/impact-ebola-economy.pdf> (дата обращения: 03.03.2017).
12. Ebola data and statistics [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: <http://apps.who.int/gho/data/node. ebola-sitrep. ebola-country?lang=en> (дата обращения: 10.06.2017).
13. Emergence of Zaire Ebola virus disease in Guinea / S. Baize, D. Pannetier, L. Oestereich, T. Rieger, L. Koivogui, N. Magassouba, B. Soropogui, M.S. Sow, S. Keita, H. De Clerck, A. Tiffany, G. Dominguez, M. Loua, A., Traoré M. Kolié, E.R. Malano, E. Heleze, A. Bocquin, S. Mély, H. Raoul, V. Caro, D. Cadar, M. Gabriel, M. Pahlmann, D. Tappe, J. Schmidt-Chanasit, B. Impouma, A.K. Diallo, P. Formenty, M. Van Herp, S. Günther // N. Engl. J. Med. – 2014. – Vol. 371, № 15. – P. 1418–1425. DOI: 10.1056/NEJMoa1404505
14. Frasso G., Lambert P. Bayesian inference in an extended SEIR model with nonparametric disease transmission rate: an application to the Ebola epidemic in Sierra Leone // Biostatistics. – 2016. – Vol. 17, № 4. – P. 779–792.
15. Kermack W., McKendrick A. A contribution to the mathematical theory of epidemics. Proc. R. Soc. – London, 1927. – P. 700–721.
16. Niels G. Becker Statistical studies of infectious disease incidence // J. R. Statist. Soc. B. – 1999. – Vol. 61, Part 2. – P. 287–307.
17. Shen M., Xiao Ya., Rong L. Modeling the effect of comprehensive interventions on Ebola virus transmission [Электронный ресурс] // Scientific Reports. 5. – 2015. – Article number: 15818. – DOI: 10.1038/srep15818. – URL: <http://www.nature.com/articles/srep15818> (дата обращения: 10.06.2017).
18. Socio-Economic Impact of Ebola Virus Disease in West African Countries: A call for national and regional containment, recovery and prevention [Электронный ресурс] // United Nations Development Group - Western and Central Africa. – 2015. – 116 p. – URL: <http://www.africa.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/ebola-west-africa.pdf> (дата обращения: 10.06.2017).
19. The Economic Impact of the 2014 Ebola Epidemic: Short and Medium Term Estimates for Guinea, Liberia, and Sierra Leone [Электронный ресурс] // World Bank. – 2014. – 29 p. – URL: <https://www.globalsecurity.org/security/library/report/2014/2014-ebola-economic-impact.pdf> (дата обращения: 10.06.2017).
20. Understanding the dynamics of Ebola epidemics / J. Legrand, R.F. Grais, P.Y. Boelle, A.J. Valleron, A. Flahault // Epidemiology and Infection. – 2007. – Vol. 135, № 4. – P. 610–621.
21. Update on the Economic Impact of the 2014–2015 Ebola Epidemic on Liberia, Sierra Leone, and Guinea [Электронный ресурс] // World Bank Group. – 2015. – 19 p. – URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/21965/95804.pdf> (дата обращения: 10.06.2017).

*Методические подходы к оценке экономического эффекта мероприятий по минимизации риска здоровью, связанного с особо опасными инфекциями / В.Ю. Смоленский, П.З. Шур, Д.В. Суворов, О.И. Голева, В.А. Сафронов, Е.В. Хрущева, И.В. Виндокуров // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 32–41. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.03*

UDC 616.9-036.22-085-039.78

DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.03.eng

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING ECONOMIC EFFECTS OF ACTIVITIES AIMED AT MINIMIZING HEALTH RISKS RELATED TO EXTREMELY DANGEROUS INFECTIONS

**V.Yu. Smolensky<sup>1</sup>, P.Z. Shur<sup>2</sup>, D.V. Suvorov<sup>2</sup>, O.I. Goleva<sup>2,3</sup>, V.A. Safronov<sup>4</sup>, E.V. Khrushcheva<sup>2</sup>, I.V. Vindokurov<sup>2,5</sup>**

<sup>1</sup>Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 18, bild. 5 Vadkovskiy pereulok, Moscow, 127994, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

<sup>3</sup>Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

<sup>4</sup>«Microbe» Russian Scientific Research Anti-Plague Institute, 46 Universitetskaya Str., Saratov, 410005, Russian Federation

<sup>5</sup>Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolskiy avenue, Perm, 614990, Russian Federation

---

*As we assess health risks caused by extremely dangerous infections, we can apply mathematical modeling to estimate a disease or a death case probability. This mathematical modeling describes epidemiological processes and allows to imitate their development without performing any anti-epidemic activities. Parameters which quantitatively assess morbidity and mortality cases obtained via this modeling together with actual data on losses which were not prevented even if anti-epidemic activities were in place, can be used as grounds for economic effects assessment. An economic effect of anti-epidemic activities was calculated in terms of indirect prevented losses which became possible due to decrease in mortality and morbidity; the effect was calculated in money units which were applied in the GDP calculation.*

*The calculation is performed in full conformity with "The Methodology for calculating economic losses caused by population mortality, morbidity, and disability" (Moscow, 2012) and envisages assessment of losses in the current year and over a period of survival (for death cases).*

*The methodology was tested on the example of Ebola fever outbreak in Guinea in 2014-2016. The testing results revealed that if not for anti-epidemic activities which included substantial assistance rendered by other countries (the RF among them), a number of morbidity cases caused by Ebola virus would have reached 521,289, and a number of death cases, 56,345.*

*The RF Rospotrebnadzor made a significant contribution into Ebola fever outbreak elimination in Guinea; it sent a special anti-epidemic team there in August 2014. The team participated in diagnostic procedures, staff training, and anti-epidemic activities organization. Risk prevented due to assistance rendered by other countries, including the RF, amounted to 517,485 morbidity cases, and 53,809 death cases. Economic effects for Guinea achieved due to anti-epidemic activities aimed at risk minimization with the help of other countries is estimated to be equal to 229.51 million USD; it amounts to approximately 3.5% of Guinea GDP.*

**Key words:** risk assessment, economic effect, modeling, risk minimization, extremely dangerous infections, anti-epidemic activities, Ebola virus.

---

© Smolensky V.Yu., Shur P.Z., Suvorov D.V., Goleva O.I., Safronov V.A., Khrushcheva E.V., Vindokurov I.V., 2017

**Vyacheslav Yu. Smolensky** – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Scientific Provision for Sanitary-epidemiologic Welfare of the Population and International Affairs (e-mail: aidsCouncil@gsen.ru; tel.: +7 (499) 973-26-93).

**Pavel Z. Shur** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).

**Dmitry V. Suvorov** – Research Assistant (e-mail: dvs-86@mail.ru; tel: +7 (342) 238-33-37).

**Olga I. Goleva** – Candidate of Economics, Associate professor at Finance, Credit, and Stock Exchange Studies Department (e-mail: OlgaGoleva@psu.ru; tel: +7(342)239-62-94).

**Valentin A. Safronov** – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher (e-mail: neuromail@rambler.ru; tel.: +7 (845) 226-21-31).

**Ekaterina V. Khrushcheva** – Mathematician at Risk Management Techniques and Technologies Laboratory (e-mail: Khrushcheva@fcrisk.ru; tel: +7 (342) 238-33-37).

**Ilya V. Vindokurov** – Mathematician at Risk Management Techniques and Technologies Laboratory, a first-year MA student at «Machines Dynamics and Endurance» Department of the Applied Mathematics and Mechanics Faculty (e-mail: dpm13b@mail.ru; tel: +7 (342) 238-33-37).

## References

1. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya [Health risk analysis in the strategy of state social and economical development]. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva, eds. Moscow, Perm', 2014, 738 p. (in Russian).
2. Bashabshekh M.M., Maslennikov B.I. Imitatsionnoe modelirovanie prostranstvenno-kletochnykh avtomatov s pomoshch'yu programmy AnyLogic [Simulation modeling of the spatial spread of epidemics (cholera for example) using the method of cellular automata \ using the Anylogic]. *Naukovedenie: internet-zhurnal*, 2013, no. 6 (19), The paper ID in the issue 135TVN613. Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/135TVN613.pdf> (30.06.2017) (in Russian).
3. Gendon Yu.Z. , Vasil'ev Yu.M. Epidemiologicheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' zakrytiya shkol pri epidemiyakh i pandemiyakh grippa [Epidemiologic and economic effectiveness of school closure during influenza epidemics and pandemics]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2012, no. 3, pp.113–123 (in Russian).
4. Plavinskii S.L. Matematicheskoe modelirovanie rasprostraneniya infek-tsii, peredayushchikhsya polovym putem. Znachenie dlya obshchestvennogo zdorov'ya i zdравookhraneniya [Mathematical modeling of sexually transmitted infections spread. Public health implications]. *Meditcina*, 2013, no. 2, pp. 29–37 (in Russian).
5. Ushakov A.A., Saldan I.P., Goleva O.I., Karpova T.N. Fakticheskaya zabolevaemost' naseleniya sub"ekta RF: otsenka ekonomicheskogo effekta (poter') [The actual incidence of the population in the rf subject: assessment of economic effect (losses)]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 6, pp.74–78 (in Russian).
6. Shakhanina I.L., Yasinskii A.A. Kontseptsiya opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti vaktsinoprofilaktiki [The concept of Determining the Cost-Effectiveness of Vaccination]. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofi-laktika*, 2010, vol. 53, no. 4, pp. 74–80 (in Russian).
7. Yushchuk N.D., Martynov Yu.V. Epidemiologiya: Ucheb. Posobie [Epidemiology: a manual]. 2-ndeds., Moscow, Meditsina, Publ., 2003, 448 p. (in Russian).
8. Assessing the socio-economic impacts of Ebola Virus Disease in Guinea, Liberia and Sierra Leone: The Road to Recovery. 2014, 72 p. Available at: <http://www.africa.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/EVD%20Synthesis%20Report%2023Dec2014.pdf> (10.06.2017).
9. Assessing the International Spreading Risk Associated with the 2014 West African Ebola Outbreak. *PLOS: Current Outbreak*, 2014. Available at: <http://currents.plos.org/outbreaks/article/assessing-the-international-spreading-risk-associated-with-the-2014-west-african-ebola-outbreak> (10.06.2017).
10. Faye O., Boëlle P.Y., Heleze E., Faye O., Loucoubar C., Magassouba N., Soropogui B., Keita S., Gakou T., Bah el H.I., Koivogui L., Sall A.A., Cauchemez S. Chains of transmission and control of Ebola virus disease in Conakry, Guinea, in 2014: an observational study. *Lancet*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 320–326.
11. Cost of the Ebola Epidemic: CDC Document, 2016. Available at: <https://www.cdc.gov/vhf/ebola/pdf/impact-ebola-economy.pdf> (03.03.2017).
12. Ebola data and statistics. World Health Organization. Available at: <http://apps.who.int/gho/data/node. ebola-sitrepebola-country?lang=en> (10.06.2017).
13. Baize S., Pannetier D., Oestereich L., Rieger T., Koivogui L., Magassouba N., Soropogui B., Sow M.S., Keita S., De Clerck H., Tiffany A., Dominguez G., Loua M., Traoré A., Kolié M., Malano E.R., Heleze E., Bocquin A., Mély S., Raoul H., Caro V., Cadar D., Gabriel M., Pahlmann M., Tappe D., Schmidt-Chanasit J., Impouma B., Diallo A.K., Formenty P., Van Herp M., Günther S. Emergence of Zaire Ebola virus disease in Guinea. *N. Engl. J. Med*, 2014, vol. 371, no. 15, pp. 1418–1425. DOI: 10.1056/NEJMoa1404505
14. Frasso G., Lambert P. Bayesian inference in an extended SEIR model with nonparametric disease transmission rate: an application to the Ebola epidemic in Sierra Leone. *Biostatistics*, 2016, vol. 17, no. 4, pp.779–792.
15. Kermack W., McKendrick A. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proc. R. Soc. London*, 1927, A 115, 700–721.
16. Niels G. Becker Statistical studies of infectious disease incidence. *J. R. Statist. Soc. B*, 1999, vol. 61, part 2, pp. 287–307.
17. Shen M., Xiao Ya., Rong L. Modeling the effect of comprehensive interventions on Ebola virus transmission. *Scientific Reports*. 5, 2015, Article number: 15818. DOI: 10.1038/srep15818. Available at: <http://www.nature.com/articles/srep15818> (10.06.2017).
18. Socio-Economic Impact of Ebola Virus Disease in West African Countries: A call for national and regional containment, recovery and prevention. United Nations Development Group - Western and Central Africa. 2015, 116 p. Available at: <http://www.africa.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/ebola-west-africa.pdf> (10.06.2017).

19. The Economic Impact of the 2014 Ebola Epidemic: Short and Medium Term Estimates for Guinea, Liberia, and Sierra Leone. World Bank. 2014, 29 p. Available at: <https://www.globalsecurity.org/security/library/report/2014/2014-ebola-economic-impact.pdf> (10.06.2017).

20. Legrand J., Grais R.F., PBoelle.Y., Valleron A.J., Flahault A. Understanding the dynamics of Ebola epidemics. *Epidemiology and Infection*, 2007, vol. 135, no. 4, pp. 610–621.

21. Update on the Economic Impact of the 2014-2015 Ebola Epidemic on Liberia, Sierra Leone, and Guinea. World Bank Group, 2015, 19 p. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/21965/95804.pdf> (10.06.2017).

*Smolensky V.Yu., Shur P.Z., Suvorov D.V., Goleva O.I., Safronov V.A., Khrushcheva E.V., Vindokurov I.V. Methodological approaches to assessing economic effects of activities aimed at minimizing health risks related to extremely dangerous infections. Health Risk Analysis, 2017, no. 4, pp. 32–41. DOI: 10.21668/health.risk/2017.4.03.eng*

Получена: 22.09.2017

Принята: 21.12.2017

Опубликована: 30.12.2017