

УДК 502/504

МОНИТОРИНГ И БЛОКИРОВАНИЕ УГРОЗ БИОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

¹Денисов О.В., ²Пономарев А.Е., ²Пономарева И.А., ¹Мереняшев В.Е., ¹Андреева Е.С.

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,

e-mail: ovd63@mail.ru, espmeteo@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,

e-mail: ae_ponomarev@mail.ru, ia_ponomareva@mail.ru

В статье рассматриваются так называемые *энвайронментологические риски*, которые обуславливаются появлением новых видов биологических угроз вследствие той или иной деятельности населения. В этой связи авторы излагают концепцию безопасности образовательных и научных учреждений, принимающую во внимание спектр указанных выше новых угроз, вызовов современности, которые проявляются в форме новых видов опасностей невоенного, латентного характера. Целью настоящего исследования явилась разработка условий надёжного блокирования биологических угроз образовательных и научных учреждений на примере элементарной модели перемещения биологической угрозы. Основными методами исследования, в свою очередь, были аналитические, а также методы моделирования. Система биологической защиты образовательных и научных учреждений рассмотрена как организационная открытая система, зависящая от внешних условий. В качестве исходных данных принята условная ситуация, при которой очаг коронавирусной инфекции располагается вблизи города *C* в аэропорту. Образовательные и научные учреждения находятся в городе *N*. Расстояние от очага заражения до города *N* составляет 34 км. Скорость перемещения носителя биологической угрозы может быть от 5 до 80 км в час (пешеход, вело-, авто- и мототранспорт) в условиях пробок и при отсутствии таковых на рассматриваемой магистрали. Результаты модельных расчётов показали, что чем больше значение, тем выше «запас прочности» по факту своевременного принятия решения на купирование очага. Отрицательные значения представляют собой тревожный вариант, при котором биологическая угроза преодолевает защитный рубеж, обозначенный руководством образовательного и научного учреждения. Разработанные условия надёжного блокирования биологических угроз образовательных научных учреждений позволяют определить управляемые параметры модели обеспечения безопасности. Очевидно, что снижение скорости перемещения потенциально заражённого объекта, а также сокращение времени оперативного обнаружения и реагирования позволит снизить вероятность проникновения биологической угрозы на объекты образовательных и научных учреждений.

Ключевые слова: образовательные и научные учреждения, безопасность, мониторинг, биологические угрозы, коронавирус

MONITORING AND BLOCKING BIOLOGICAL THREATS WHILE ENSURING THE SECURITY OF EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTIONS

¹Denisov O.V., ²Ponomarev A.E., ²Ponomareva I.A., ¹Merenyashev V.E., ¹Andreeva E.S.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: ovd63@mail.ru, espmeteo@yandex.ru;

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: ae_ponomarev@mail.ru, ia_ponomareva@mail.ru

The article deals with the so-called environmental risks that are caused by the appearance of new types of biological threats due to various activities of the population. In this regard, the authors present the concept of security of educational and scientific institutions, taking into account the range of the above-mentioned new threats and challenges of our time, which are manifested in the form of new types of non-military, latent dangers. The purpose of this study was to develop conditions for reliable blocking of biological threats in educational and scientific institutions on the example of an elementary model of moving a biological threat. The main research methods, in turn, were analytical and modeling methods. The system of biological protection of educational and scientific institutions is considered as an open organizational system that depends on external conditions. As the initial data, a conditional situation is accepted, in which the focus of coronavirus infection is located near the city *C* at the airport. Educational and scientific institutions are located in the city of *N*. The distance from the center of infection to the city of *N* is 34 kilometers. The speed of movement of a biological threat carrier can be in the range of 5 to 80 kilometers per hour (pedestrian, Bicycle, auto, and motor transport) in traffic jams and in the absence of such on the highway under consideration. The results of model calculations showed that the higher the value, the higher the «margin of safety» in the fact of timely decision-making to stop the focus. Negative values represent an alarming variant, in which the biological threat overcomes the protective barrier designated by the management of an educational and scientific institution. The developed conditions for reliable blocking of biological threats in educational scientific institutions allow us to determine the controlled parameters of the security model. It is obvious that reducing the speed of movement of a potentially infected object, as well as reducing the time for rapid detection and response, will reduce the probability of penetration of a biological threat to the objects of educational and scientific institutions.

Keywords: educational and scientific institutions, security, monitoring, biological threats, coronavirus

Ситуация во всем мире характеризуется прогрессирующим увеличением социальных, экономических и экологических потерь от кризисных ситуаций. Причины

такого увеличения обусловлены комплексными проблемами, в частности, активизацией опасных процессов, вызванной неоптимальной экономической деятельностью

на местах, и ошибками стратегического характера по обеспечению безопасности, включая эффективное противодействие *энвайронментологическим рискам* биологического характера.

Как показывают события недавнего прошлого, уже в начале XXI в. мировое сообщество вошло в область так называемых «мега рисков», доказав адекватность появившегося определения современного общества как «общества риска» [1–3].

Представляется, что принципиально новые виды угроз могут преодолевать с определенной долей успешности современные частично закрытые общества. Соотношение опасности и безопасности в таком «обществе риска» можно представить в виде листа Мебиуса, который демонстрирует плавное и бесконечное перетекание опасности в безопасность и наоборот, что обуславливает динамичность или нестабильность указанных состояний [4]. В этой связи эффективность системы комплексной безопасности образовательных и научных учреждений, безусловно, характеризуется динамичностью и определяется рядом факторов. Так, важнейшими условиями обеспечения безопасности именно образовательных и научных учреждений являются социальные факторы, а также медицинское и санитарно-гигиеническое обеспечение [5–7]. При этом необходимо иметь в виду, что обеспечение безопасности образовательных и научных учреждений зависит от человеческого фактора, от степени профессионализма работников, от грамотности и компетентности людей, отвечающих за безопасность образовательных и научных учреждений, от подготовленности к действиям в чрезвычайных и кризисных ситуациях.

Целью настоящего исследования явилась разработка условий надёжного блокирования биологических угроз образовательных и научных учреждений на примере условной угрозы.

Материалы и методы исследования

Основными методами исследования явились аналитические методы и метод моделирования, изложенный в работах [8, 9].

Систему биологической защиты образовательных и научных учреждений можно рассматривать как организационную открытую систему, зависящую от внешних условий. Исходное состояние указанной системы после оценки обстановки задано в виде

характеристик состояния исследуемых элементов на определённый момент времени, а также выходных характеристик предыдущих этапов деятельности. В первом случае исходное состояние системы характеризуется готовностью образовательных и научных учреждений к чрезвычайным ситуациям, а во втором – требует согласования выходных характеристик и данных для последующих этапов.

Введем вероятность успешного выполнения задачи медико-санитарным подразделением образовательного и научного учреждения (P):

$$P = P_a \cdot P_b \cdot P_c, \quad (1)$$

где P_a – вероятность своевременного обнаружения биологической опасности;

P_b – вероятность успешного блокирования биологической опасности в районе обнаружения;

P_c – вероятность купирования биологической опасности.

В качестве показателей эффективности мониторинга биологических угроз образовательным и научным учреждением рассматриваются: вероятность обнаружения биологических угроз к заданному моменту времени; математическое ожидание времени, необходимого для обнаружения биологических угроз; математическое ожидание числа обнаруженных биологических угроз; распределение количества обнаруженных биологических угроз.

Вероятность обнаружения угрозы (P_a) за время мониторинга (поиска) (τ) одним элементом обнаружения может определяться как

$$P_a = 1 - \exp(-\gamma\tau), \quad (2)$$

где γ – интенсивность мониторинга (поиска) (среднее число обнаружений угроз за единицу времени).

Если мониторинг проводят независимо n сил и средств, то вероятность обнаружения биологической угрозы хотя бы одним средством:

$$P_a = 1 - \exp\left[-\sum_{i=1}^n u_i(\tau)\right], \quad (3)$$

где $u_i(\tau)$ – потенциал поиска i -м элементом сил и средств.

Для наблюдений дискретного характера, проводимых многократно в одинаковых условиях, независимо друг от друга, формулу вероятности обнаружения заражен-

ного объекта можно записать следующим образом [10]:

$$P_a = 1 - (1 - P_{a1})^m, \quad (4)$$

где P_{a1} – вероятность обнаружения зараженного объекта для единичного наблюдения, m – число единичных наблюдений.

Вероятность осуществления успешного блокирования биологической угрозы (P_b) зависит от следующих факторов: своевременного принятия грамотного решения по блокированию биологической угрозы соответствующими лицами; времени приведения общества в целом и подразделения в частности в состояние готовности к выполнению задачи; удаленности территории (места обнаружения биологической угрозы); погодных условий; времени года и суток; умелых действий медперсонала по блокированию источника заражения; комплекса лекарственных средств и состояния специального снаряжения санитарного подразделения; характера распространения инфекции; распределения сил и средств, предназначенных для блокирования обнаруженного источника инфекции.

В случае централизованного распределения однородных средств по разнотипным объектам оптимальное распределение определяется из условия максимальной эффективности методами математического программирования.

Упрощенные аналитические методы допустимы в случае целочисленного решения задачи распределения, когда требуемая точность решения определяется в основном дискретностью переменных.

Как показано в [10], общая постановка задачи распределения при этом может иметь следующую форму. Затем определяется матрица распределения,

$$C = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{v1} & \dots & m_{vi} & \dots & m_{vk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{s1} & \dots & m_{si} & \dots & m_{sk} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

которая сдерживает биологическую угрозу a , минимизируя ее «эффективность» с учетом системы ограничений:

$$C_1 n_1 + C_2 n_2 + \dots + C_i n_i + \dots + C_k n_k \leq M, \quad (6)$$

где m_{vi} – количество сил и средств v -го типа, выделяемых на каждый очаг биологической угрозы i -го типа; n_i – число очагов биологической угрозы i -го типа; k – число типов

очагов биологической угрозы; C_i – i -й вектор-столбец матрицы C ; M – вектор-столбец распределяемых сил и средств.

В случае однотипных средств распределение характеризуется вектором [10]:

$$C = \{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_k\}. \quad (7)$$

Система ограничений при этом записывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^k m_i n_i \leq M. \quad (8)$$

Как представляется, реальные условия осуществления описываемой биологической угрозы всегда сопровождается неопределенностью реализации искомого события, что необходимо учитывать. Кроме того, фактически редко выполняется одно, конкретное распределение случайной величины, по этой причине обычно модели учитывают комбинированное распределение, которое обеспечивается обычно заданием так называемого коэффициента централизации [10]. Последний представляет собой численную интегральную характеристику, включающую долю средств и сил противодействия биологической угрозе с учетом принципа централизации.

Процедура уточнения расположения точечных источников заражения связана с осуществлением задачи перемещения сил и средств в район реализации биологической угрозы в соответствии с обнаруженным на предыдущей ступени очагом. В этой связи в качестве так называемых выходных характеристик рассматриваемой процедуры уточнения могут присутствовать следующие [10]: точность уточнения точечных источников заражения $\Delta_{\text{н}}$; вероятность уточнения точечных источников заражения $P_{\text{н}}(\tau)$ к заданному моменту времени; математическое ожидание времени уточнения точечных источников заражения $t_{\text{н}}$. Могут быть использованы также дополнительные характеристики для упрощения решения основной задачи.

Интенсивность обнаружения точечных источников биологического заражения с помощью одного подвижного средства или персонала, противодействующих исследуемой угрозе, рассчитывается по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{2D_{\text{обн}} v_{\text{cp}}}{S_p}, \quad (9)$$

где $D_{\text{обн}}$ – дальность обнаружения точечных источников заражения; v_{cp} – скорость перемещения персонала или средства противо-

действия биологической угрозе; S_p – площадь района поиска.

Если рубеж блокирования биологической угрозы образовательным и научным учреждением выбран верно, то условие выполнения задачи медико-санитарным подразделением по блокированию очага биологической угрозы имеет вид

$$(S - v \cdot t) / v > 0, \quad (10)$$

где S – протяженность предполагаемого «пути» биологической угрозы до вероятного рубежа блокирования; t – время блокирования от момента обнаружения биологической угрозы до подачи сигнала к выполнению задачи блокирования, учитывая время готовности личного состава к выполнению задачи и время непосредственного развертывания сил и средств на рубеже блокирования очага; v – предполагаемая скорость распространения биологической угрозы.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим практическое применение предложенного условия надёжного блокирования биологических угроз образовательным и научным учреждением на примере условной угрозы.

В качестве исходных данных примем условную ситуацию. Очаг коронавирусной инфекции располагается вблизи города C в аэропорту. В аэропорту находятся

до 100 заражённых. Образовательные и научные учреждения находятся в городе H . Расстояние от очага заражения до города H принимается равным 34 км. Предположим, что скорость перемещения носителя биологической угрозы может быть от 5 до 80 км в час (пешеход, вело-, авто- и мототранспорт) в условиях пробок и при отсутствии таковых на рассматриваемой магистрали.

Результаты модельных расчётов по условию (10) представлены в табл. 1, 2.

В табл. 1 представлены результаты расчёта предполагаемого расстояния до города H в момент обнаружения и блокирования потенциальной биологической угрозы («защита расстоянием») при различных входящих переменных времени реагирования (t) и скорости передвижения потенциальной угрозы (v).

В табл. 2 аналогичный расчет представлен для показателя времени, оставшегося до проникновения угрозы в место расположения образовательного или научного учреждения («защита временем»).

Анализ данных, размещенных в табл. 1 и 2, показал, что чем больше значение, тем выше «запас прочности» по факту своевременного принятия решения на купирование очага. Отрицательные значения представляют собой тревожный вариант, при котором биологическая угроза преодолевает защитный рубеж, обозначенный руководством образовательного и научного учреждения.

Таблица 1

Результат расчета по принципу «защита расстоянием»

| | | t, ч | | | | | | | |
|---------|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 |
| v, км/ч | 5 | 32,8 | 31,5 | 30,3 | 29 | 27,8 | 26,5 | 25,3 | 24 |
| | 10 | 31,5 | 29 | 26,5 | 24 | 21,5 | 19 | 16,5 | 14 |
| | 20 | 29 | 24 | 19 | 14 | 9 | 4 | -1 | -6 |
| | 40 | 24 | 14 | 4 | -6 | -16 | -26 | -36 | -46 |
| | 60 | 19 | 4 | -11 | -26 | -41 | -56 | -71 | -86 |
| | 80 | 14 | -6 | -26 | -46 | -66 | -86 | -106 | -126 |

Таблица 2

Результат расчета по принципу «защита временем»

| | | t, ч | | | | | | | |
|---------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 |
| v, км/ч | 5 | 6,3 | 5,8 | 5,3 | 4,8 | 4,3 | 3,8 | 3,3 | 2,8 |
| | 10 | 3,15 | 2,9 | 2,65 | 2,4 | 2,15 | 1,9 | 1,65 | 1,4 |
| | 20 | 1,45 | 1,2 | 0,95 | 0,7 | 0,45 | 0,2 | -0,1 | -0,3 |
| | 40 | 0,6 | 0,35 | 0,1 | -0,2 | -0,4 | -0,7 | -0,9 | -1,2 |
| | 60 | 0,32 | 0,07 | -0,2 | -0,4 | -0,7 | -0,9 | -1,2 | -1,4 |
| | 80 | 0,18 | -0,1 | -0,3 | -0,6 | -0,8 | -1,1 | -1,3 | -1,6 |

К сопутствующим факторам, не рассматриваемым в данной модели, но способным оказывать влияние на вероятность успешного блокирования очага инфекции, например последующее развитие опасного инфекционного заболевания – пневмонии COVID-19, вызываемой коронавирусом SARS-CoV-2, относятся: фармацевтическая готовность (наличие потенциальной базы для массового производства известной или вновь разрабатываемой вакцины) и состояние (исправность) специальных медицинских и санитарных средств; характер действия инфекции, её изменяющаяся летальность и др.

Простое условие (5) предполагает выявление, прежде всего, реальной скорости распространения пневмонии COVID-19, вызываемой коронавирусом SARS-CoV-2 (с минимальными и максимальными границами значений), очагов инфекции, которые позволят за минимальное время определить надёжные и многоярусные рубежи и методы блокирования.

При этом важно понимать, что решение задачи осложнено неопределенностью дополнительных параметров: начальные симптомы не выражены, вакцина не получена и экспериментально не отработана, даже некоторые оптимистические прогнозы не являются положительными во всех отношениях.

Выводы

Разработанные условия надёжного блокирования биологических угроз образовательных и научных учреждений позволяют определить управляемые параметры модели обеспечения безопасности. Очевидно, что снижение скорости перемещения потенциально заражённого объекта, а также сокращение времени оперативного обнаружения и реагирования позволят снизить вероятность проникновения биологической угрозы на рассматриваемые в статье объекты. В качестве предложений по дополнению параметров модели можно отметить принудительную корректировку в зависимости от меняющейся обстановки или корректировку по методу Монте-Карло, роль которого полезна, по мнению ряда специ-

алистов, в некоторых направлениях борьбы с подобными угрозами.

Список литературы/References

1. Blumberg L., Regmi J., Endricks T., McCloskey B., Petersen E., Zumla A., Barbeschi M. Hosting of mass gathering sporting events during the 2013–2016 Ebola virus outbreak in West Africa: experience from three African countries. *International Journal of Infectious Diseases*. 2016. № 47. P. 38–41. DOI: 10.1016/j.ijid.2016.06.011.
2. Enderlein U., Regmi J. Strengthening public health: making the case for mass gatherings. *Public health panorama*. 2018. № 4 (01). P. 67–71.
3. Maphanga P.M., Henama U.S. The Tourism Impact of Ebola in Africa: Lessons on Crisis Management. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*. 2019. № 8 (3). P. 1–13.
4. Денисов О.В., Губеладзе О.А., Месхи Б.Ч., Булыгин Ю.И. Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. 278 с.
5. Denisov O.V., Gubeladze O.A., Meskhi B.CH., Bulygin YU.I. Comprehensive security of the population and territories in emergency situations. Problems and solutions. Rostov n/D: Izdatel'skiy centr DGTU, 2016. 278 p. (in Russian).
6. Пономарева И.А., Гуцу В.Ф. Проектирование комфортной и безопасной образовательной среды – компетенция педагога нового формата // Психолого-педагогические и физиологические аспекты построения физкультурно-оздоровительных программ и обеспечение их безопасности: сборник материалов Второй международной научной конференции. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2015. С. 132–137.
7. Ponomareva I.A., Gutsu V.F. Designing a comfortable and safe educational environment is the competence of a teacher in a new format // Psychological, pedagogical and physiological aspects of building fitness programs and ensuring their safety: a collection of materials of the second international scientific conference. Rostov-na-Donu: YUFU, 2015. P. 132–137 (in Russian).
8. Denisov O., Pleshko M., Ponomareva I., Merenyashev V. Scale factor management in the studies of affine models of shockproof garment elements. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 33. P. 03068. DOI: 10.1051/e3sconf/20183303068.
9. Tavan A., Tafti A.D., Nekoie-Moghadam M., Ehrampoush M., Nasab M.R.V., Tavangar H., Fallahzadeh H. Risks threatening the health of people participating in mass gatherings: A systematic review. *Journal of education and health promotion*. 2019. № 8. P. 209.
10. Wilder-Smith A., Steffen R. Mass gatherings. *Travel Medicine*. 2019. P. 383–386.
11. Andreeva E.S., Klimov P.V., Lipovitskaya I.N., Andreev S.S., Denisov O.V. Approaches to the assessment of non-carcinogenic risk to public health on the city of Rostov-on-Don. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2019. V. 19. № 5-2. P. 115–122.
12. Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р., Бурдаков С.М. Исследование эффективности системы охраны подвижного ядерно- и радиационноопасного объекта // Глобальная ядерная безопасность. 2018. № 1 (26). С. 36–46.
13. Gubeladze O.A., Gubeladze A.R., Burdakov S.M. Research of the Protection System Effectiveness for a Mobile Nuclear and Radiation Hazardous Facility // *Globalnaya yadernaya bezopasnost*. 2018. № 1 (26). P. 36–46 (in Russian).