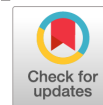


РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИРОДНО-ОЧАГОВЫХ ИНФЕКЦИЙ ВИРУСНОЙ ЭТИОЛОГИИ



М.В. Сафонова¹, Е.Г. Симонова², А.А. Лопатин¹, А.С. Долгова³, В.Г. Дедков³

¹ ФКУЗ Противочумный центр Роспотребнадзора, Москва, Россия

² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

³ ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. С ростом актуальности изучения «новых и возвращающихся инфекций» важным становится не только непосредственно выявление новой инфекции, но и определение предпосылок вызванных ею эпидемиологических осложнений. В результате, возникает необходимость оценки степени их эпидемиологической опасности, или эпидемического потенциала, т. е. определения значимости их свойств, определяющих способность вызывать эпидемический процесс и осложнения эпидемиологической ситуации. Цель: разработка методики количественной оценки эпидемического потенциала, универсальной для природно-очаговых вирусных инфекций с трансмиссивным и нетрансмиссивным механизмом передачи. *Материалы и методы.* Для разработки критериев определения эпидемического потенциала проведена разноплановая оценка экологических, генетических и эпидемиологических характеристик возбудителей природно-очаговых инфекций вирусной этиологии, объединенных общими закономерностями существования в рамках теории природной очаговости и учения об эпидемическом процессе. В основу разработанной методики положена связь эпидемического потенциала с понятием эпидемиологической опасности, формирующей эпидемиологический риск и складывающейся из опасностей источника инфекции, механизма передачи и восприимчивости макроорганизма. *Результаты и обсуждение.* Разработана система количественной оценки эпидемического потенциала природно-очаговых инфекций вирусной этиологии. В рамках каждого звена эпидемического процесса выделены факторы, ранжированные в соответствии со значимостью с точки зрения реализации эпидемиологического риска с присвоением им балльной оценки. Эпидемический потенциал вируса определяется суммой баллов по трем категориям, соотношение баллов между ними позволяет оценить ведущий фактор эпидемиологического риска. Для оценки эпидемического потенциала вируса в соответствии с разработанными критериями необходимо обобщить и проанализировать известные данные по трем рассматриваемым группам факторов, участвующих в формировании эпидемиологической опасности. Для апробации оценочной методики определен эпидемический потенциал ряда возбудителей вирусных трансмиссивных и нетрансмиссивных природно-очаговых инфекций, при этом полученные значения соответствуют современным представлениям об их

Адрес для переписки:

Сафонова Марина Викторовна
127490, Россия, Москва, ул. Мусоргского, 4,
ФКУЗ Противочумный центр Роспотребнадзора.
Тел.: 8 968 472-97-72.
E-mail: safonova_mv@apc-rpn.ru

Contacts:

Marina V. Safonova
127490, Russian Federation, Moscow, Musorgscogo str., 4,
Antiplague Center.
Phone: +7 968 472-97-72.
E-mail: safonova_mv@apc-rpn.ru

Для цитирования:

Сафонова М.В., Симонова Е.Г., Лопатин А.А., Долгова А.С., Дедков В.Г.
Разработка критериев количественной оценки эпидемического
потенциала природно-очаговых инфекций вирусной этиологии //
Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12, № 4. С. 745–754. doi: 10.15789/2220-
7619-DOQ-1926

Citation:

Safonova M.V., Simonova E.G., Lopatin A.A., Dolgova A.S., Dedkov V.G.
Development of quantitative criteria for assessing epidemic potential
of the natural-focal viral infections // Russian Journal of Infection
and Immunity = Infektsiya i immunitet, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 745–754.
doi: 10.15789/2220-7619-DOQ-1926

Работа выполнена с привлечением средств гранта Российского научного фонда № 20-64-46014.
This work was carried out with the help of grant No. 20-64-46014 from the Russian Science Foundation.

эпидемиологической опасности. Таким образом, оценочная система позволяет количественно представить эпидемический потенциал возбудителя, сравнить показатели различных возбудителей с оценкой ведущего фактора эпидемиологического риска. Система может служить дополнительным инструментом в оценке эпидемиологической опасности в случае угроз возникновения чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера. Между тем оценка эпидемического потенциала новых инфекций тесно сопряжена с необходимостью изучения их фундаментальных основ, а сам эпидемический потенциал представляет собой динамическую величину, которая может изменяться с появлением новых данных об эколого-генетических основах существования, механизмах изменчивости изучаемых возбудителей.

Ключевые слова: эпидемический потенциал, эпидемиологический риск, вирус Кемерово, группа вирусов Грейт Айленд, генетическое разнообразие, высокопроизводительное секвенирование.

DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE CRITERIA FOR ASSESSING EPIDEMIC POTENTIAL OF THE NATURAL-FOCAL VIRAL INFECTIONS

Safonova M.V.^a, Simonova E.G.^b, Lopatin A.A.^a, Dolgova A.S.^c, Dedkov V.G.^c

^a *Antiplague Center, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation*

^b *I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation*

^c *St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation*

Abstract. Not only directly detected new infection, but also determining prerequisites for associated epidemiological complications becomes relevant with growing importance of “new and recurring infections”. As a result, a need to assess a degree of their epidemiological threat, or epidemic potential, i.e. determining the significance of related properties that determine a potential to cause an epidemic process and complications of the epidemiological situation is emphasized. Purpose. Develop methodology for quantitative assessment of the epidemic potential universal for natural-foci viral infections. *Materials and methods.* A multifaceted assessment of the virological and epidemiological characteristics of causative agents for natural-focal viral infections was carried out to develop criteria for determining the epidemic potential. The developed methodology for determining the epidemic potential is based on connection between the epidemic potential and the concept of epidemiological hazard, which forms an epidemic risk, and consists of the hazards for source of infection, the mechanism of transmission and host susceptibility. *Results and discussion.* The platform for quantitative assessment of the epidemic potential of natural-foci viral infections was developed. Within each link of the epidemic process, factors were identified, ranked in accordance with their significance for enabling epidemiological risk and score assigned. The epidemic virus potential is determined by the sum of points in three categories, the ratio of points between them allowing to evaluate a lead factor of epidemiological risk. To assess an epidemic virus potential in accordance with the developed criteria, it is necessary to summarize and analyze the known data on the three considered groups of factors involved in formation of epidemiological threat. To test the assessment methodology, the epidemic potential of a number of diverse pathogens of natural-foci viral was determined. The values obtained on the epidemic potential for such infections is based on the degree of relevant epidemiological hazard. Thus, the evaluation system allows to quantify an epidemic potential of the pathogen, compare parameters of various pathogens with assessment of the lead epidemiological risk factor. The platform can serve as an additional tool in assessment of epidemiological threat in case of epidemiological emergencies. Meanwhile, assessment of epidemic potential for new infections is closely associated with the need to investigate their basics. The epidemic potential is a dynamic parameter that can change with the advent of new data on ecological and genetic foundations of pathogen existence as well as mechanisms for related variability.

Key words: epidemic potential, epidemic risk, Kemerovo virus, Great Island virus group, genetic diversity, high-throughput sequencing.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в текущем веке в изучении инфекционных болезней, весь спектр инфекционной патологии в настоящем времени по-прежнему остается неясным, и его проявления способны приводить к возникновению чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера [4].

Существующая система надзора за инфекционными заболеваниями включает в себя сложившиеся и доказавшие эффективность алгоритмы реагирования на уже возникшие эпидемии, вызванные известными возбудителями.

С актуализацией проблемы новой инфекционной патологии стали складываться принципы действий в условиях чрезвычайных ситуаций, вызванных возбудителями неизвестных инфекционных болезней [10], однако вопросу отслеживания потенциальных эпидемиологических рисков по-прежнему не уделяется должного внимания. Между тем спектр новых инфекций чрезвычайно широк и находится в сфере интереса различных научно-исследовательских организаций, и специалисты уже обращают внимание на необходимость совершенствования

круга задач, стоящих перед современным эпидемиологическим надзором [8]. Одно из первоочередных направлений в этом — расширение спектра рассматриваемых инфекционных болезней [13]. Необходимость этого наглядно показало пандемическое распространение новой коронавирусной инфекции, вызванной бета-коронавирусом SARS-CoV-2, ставшее неожиданностью для мирового сообщества и уже поспособствовавшее изменению устоявшихся представлений об инфекционной патологии и о месте, занимаемом «новыми инфекциями».

Необходимость совершенствования мониторинга за новыми инфекциями влечет за собой необходимость создания единой концепции для целостного восприятия проблемы, координации направлений деятельности по изучению новых инфекций, общей оценки эпидемиологической ситуации, своевременного выявления потенциальных угроз санитарно-эпидемиологическому благополучию. Данная концепция предусматривает существование систем мониторинга этих инфекций, отличающихся от традиционного надзора за уже известными возбудителями. Одной из таких особенностей является осуществление так называемой «предэпидемической диагностики», сопровождающей целенаправленный поиск возбудителей с оценкой степени их опасности, т. е. не только выявления новой инфекции, но и определение предпосылок возникновения вызванных ею эпидемиологических осложнений [9, 14].

Мерой «предэпидемической диагностики» в отношении уже известных эпидемически значимых возбудителей может считаться давно существующий метод мониторинга природно-очаговых инфекций — оценка эпидемического потенциала природных очагов [11]. Этот метод позволяет определить степень потенциальной эпидемиологической опасности территории в отношении возможного распространения инфекции, и в настоящий момент разработаны способы оценки данного показателя для возбудителей геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), лептоспирозов, туляремии, инфекций, передающихся клещами, холеры и чумы [3, 5, 6]. Однако при данном подходе дается оценка состояния конкретной территории без учета особенностей самого возбудителя, которые могут играть немаловажную роль, особенно для новых инфекций, когда их эпидемиологическая характеристика затруднена ввиду малой изученности. Оценить степень эпидемиологической опасности в данном случае поможет оценка эпидемического потенциала непосредственно возбудителя.

Под эпидемическим потенциалом возбудителя понимается совокупность его свойств, определяющих способность вызывать эпиде-

мический процесс [15] и осложнения эпидемиологической ситуации. Иначе говоря, этот показатель отражает эпидемиологическую опасность возбудителя, связанную с риском инфицирования людей [2]. В настоящий момент в литературе отсутствует какая-либо единая система определения эпидемического потенциала возбудителя. Он складывается из совокупности разнородных качественных и количественных показателей, которые влияют на формирование и проявление эпидемического процесса, и могут по-разному учитываться каждым исследователем относительно каждого отдельно взятого инфекционного агента. Поэтому определение эпидемического потенциала может носить достаточно умозрительный характер и не позволяет сравнивать между собой различные возбудители. В свою очередь, без четко определенных критериев невозможно оценить эпидемический потенциал новых и возвращающихся инфекций, находящихся, по определению В.В. Шкарина с соавт., «в зале ожидания», т. е. находящихся в стадии изучения [14].

В связи с все возрастающим интересом специалистов к данной группе инфекций все большее внимание уделяется проблемам их мониторинга и разработке подходов к оценке эпидемиологической опасности. На примере пандемии свиного гриппа H1N1 2009 г. [18], вспышек ближневосточного респираторного синдрома, вызванного коронавирусом (MERS-CoV) [17], и лихорадки Зика [16], массовой эпизоотии гриппа птиц в 2003–2004 гг. [20], а также текущей глобальной пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 [22], было показано, что чрезвычайные ситуации, связанные с новыми инфекциями, могут представлять серьезную угрозу для человека и требуют совершенствования подходов к выявлению и мониторингу новых инфекционных заболеваний [23].

Целью настоящего исследования была разработка методики количественной оценки эпидемического потенциала, универсальной для природно-очаговых инфекций с трансмиссивным и нетрансмиссивным механизмом передачи, которая может служить дополнительным инструментом в оценке эпидемиологической опасности в случае угроз возникновения чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера.

Материалы и методы

Для разработки критериев количественного определения эпидемического потенциала проведена разноплановая оценка с учетом экологических, генетических и эпидемиологических характеристик возбудителей природно-очаговых инфекций вирусной этиологии, поскольку

они объединены общими закономерностями существования в рамках теорий природной очаговости [7] и учения об эпидемическом процессе [1].

Понятие эпидемического потенциала тесно связано с понятием эпидемиологической опасности, формирующей эпидемиологический риск и складывающейся из опасностей источника инфекции, механизма передачи и восприимчивости организма [12] в соответствии с классической триадой эпидемического процесса Громашевского [1]. Для разработки универсальных критериев оценки эпидемического потенциала проанализированы факторы, формирующие эпидемиологический риск как в отношении уже изученных возбудителей, так и для новых инфекций, находящихся в стадии изучения. При этом особенное внимание необходимо уделить именно инфекциям, находящимся в «зале ожидания», эпидемиологическую опасность которых еще предстоит оценить [14], поскольку риски возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с группой малоизученных возбудителей, являются неочевидными и, как следствие, недооцененными [15].

Результаты и обсуждение

В рамках созданной системы количественной оценки эпидемического потенциала был определен ряд показателей, разделенных на три группы по опасности каждого из элементарных звеньев эпидемического процесса в рамках существующих представлений об эпидемиологическом риске: опасность источника возбудителя инфекции, опасность механизма передачи и опасность восприимчивости макроорганизма [12]. В рамках каждой группы обозначено по 4 показателя, в каждый из которых включены факторы, ранжированные по шкале от 1 до 5, в соответствии со значимостью с точки зрения реализации эпидемиологического риска (табл. 1). Максимальное количество баллов, по которым может быть оценен возбудитель в каждой из трех групп — 20, с учетом всех трех вышеозначенных групп — 60. Эпидемический потенциал вируса оценивается при суммировании баллов по всем трем группам, соотношение баллов между группами позволяет оценить значимость того или иного элемента в развитии эпидемического процесса для данного возбудителя, а следовательно, ведущий фактор эпидемиологического риска.

1. Опасность источника возбудителя инфекции. Источник возбудителя инфекции — первое звено эпидемического процесса, место естественной жизнедеятельности возбудителя. Согласно традиционным представлениям о природно-очаговых инфекциях, сюда необ-

ходимо относить все, что касается природы животных — резервуаров инфекции, в популяции которых возбудитель циркулирует за счет эпизоотий и носительства. Однако современные представления в контексте изучения эпидемиологии новых и возвращающихся инфекций указывают на необходимость рассмотрения не только характеристик источника возбудителя, но также и самого возбудителя, участвующих в формировании и поддержании эпидемического процесса [19], в первую очередь — его потенциала генетической изменчивости и других факторов, модулирующих вирулентность и способность адаптироваться к различным видам носителей и переносчиков.

В эту группу были отнесены такие факторы, как тип генетического материала вируса, с которым непосредственно связаны темпы мутационной изменчивости, дополнительные источники генетической изменчивости в виде реассортации и рекомбинации, филогенетические взаимоотношения с близкородственными вирусами, патогенными для человека, а также характеристика природного резервуара возбудителя, от видового состава и разнообразия которого также напрямую зависит изменчивость вируса и риск инфицирования человека.

Следует отметить, что оценка эпидемического потенциала на геномном уровне требует учета стохастических событий, связанных с генетической изменчивостью в обширных популяциях патогена, циркулирующего в ареалах обитания резервуарных хозяев и переносчиков [21], что делает предсказание эпидемического потенциала на геномном уровне очень сложным, особенно в случае малоизученных возбудителей, для которых отсутствуют данные о детерминантах патогенности и об уровне и механизмах формирования генетического разнообразия. Поэтому оценка эпидемического потенциала новых инфекций тесно сопряжена с необходимостью изучения их фундаментальных основ, а сам эпидемический потенциал представляет собой динамическую величину, которая может изменяться с появлением новых данных об эколого-генетических основах существования, механизмах изменчивости изучаемых возбудителей.

2. Опасность механизма передачи возбудителя. В данную группу факторов входят ведущий механизм передачи возбудителя, возможность передачи от человека к человеку, территориальная характеристика природного резервуара инфекции и особенности взаимодействия человека с ним. Тот или иной механизм передачи инфекции, как второе звено эпидемического процесса, реализуется посредством разнообразных факторов передачи, и, как и первая группа факторов, отчасти сопряжен с биологическими

Таблица 1. Критерии оценки эпидемического потенциала возбудителей природно-очаговых инфекций вирусной этиологии

Table 1. The epidemic potential assessing criteria for the natural-focalviral infections

Опасность источника инфекции Threat of infectionsource		
Фактор Factor	Элементы фактора Factor-related elements	Баллы Scores
Тип генетического материала вируса Type of viral genome	(+)РНК (+)RNA	5
	Сегментированная (-)РНК и дцРНК Segmented (-)RNA and dsRNA	4
	Несегментированная (-)РНК Nonsegmented (-)RNA	3
	оцДНК ssDNA	2
	дцДНК dsDNA	1
Дополнительные источники генетической изменчивости Additional sources of the genetic diversity	Показана способность к межвидовой реассортации и/или рекомбинации Ability for the interspecies reassortment and/or recombination	5
	Показана способность к внутривидовой реассортации и/или рекомбинации Ability for the intraspecies reassortment and/or recombination	4
	Показана межвидовая реассортация и/или рекомбинация у близкородственного вируса, патогенного для человека Ability for the interspecies reassortment and/or recombination in closely related virus with human pathogenicity	3
	Показана внутривидовая реассортация и/или рекомбинация у близкородственного вируса, патогенного для человека Ability for the intraspecies reassortment and/or recombination in closely related virus with human pathogenicity	2
	Наличие реассортационных и/или рекомбинационных явлений у любого близкородственного вируса Ability for the reassortment and/or recombination in any closely related virus	1
Филогенетические взаимоотношения вируса с близкородственными представителями The phylogenetic relationships with the closely related viruses	Наличие в пределах рода возбудителей актуальных инфекций, для которых проводятся надзорные мероприятия The presence within the genus of topical infection pathogens undergoing supervisory activities	5
	Наличие в пределах рода представителей с доказанной патогенностью для человека The presence within the pathogen genus with proven human pathogenicity	4
	Наличие в филогенетически близких родах возбудителей актуальных инфекций, для которых проводятся надзорные мероприятия The presence within the phylogenetically close genera for relevant infection pathogens undergoing supervisory activities	3
	Наличие в филогенетически близких родах представителей с доказанной патогенностью для человека The presence within the phylogenetically close genera for pathogens with proven human pathogenicity	2
	Наличие в семействе патогенных представителей The presence within the family of human pathogens	1
Характеристика организмов – резервуаров инфекции Characterization of the infection reservoirs	Полигостальность, включая птиц и рукокрылых Polyhostality, including birds and bats	5
	Полигостальность, включая мелких млекопитающих, грызунов и диких хищников Polyhostality, including small mammals, rodents and wild predators	4
	Полигостальность, включая КРС, МНС, свиней и диких копытных Polyhostality, including cattle, pigs and wild hoofed mammals	3
	Моногостальность с повсеместным распространением Monohostality with the ubiquitous circulation	2
	Моногостальность с локальным распространением Monohostality with the local circulation	1

Окончание таблицы 1. Критерии оценки эпидемического потенциала возбудителей природно-очаговых инфекций вирусной этиологии

Table 1. The epidemic potential assessing criteria for the natural-focalviral infections (continued)

Опасность источника инфекции Threat of infectionsource		
Фактор Factor	Элементы фактора Factor-related elements	Баллы Scores
Ведущий механизм передачи The lead transmission mechanism	Аспирационный Aspiration transmissionmechanism	5
	Фекально-оральный Fecal-oral transmission mechanism	4
	Трансмиссивный поливекторный Polyvector transmissionmechanism	3
	Трансмиссивный моновекторный Monovector transmission mechanism	2
	Контактный Contact transmissionmechanism	1
Характер взаимодействия человека с природным резервуаром инфекции Features of human interaction with the infection reservoir	Постоянное взаимодействие всех групп населения с эпизоотическим очагом Constant interaction of all population groups with epizootic focus	5
	Регулярное взаимодействие с эпизоотическим очагом характерно для определенных групп населения Constant interaction of certain population groups with epizootic focus	4
	Нерегулярное взаимодействие с эпизоотическим очагом среди различных групп населения Irregular interaction of different population groups with epizootic focus	3
	Нерегулярное взаимодействие с эпизоотическим очагом характерно для определенных групп населения Irregular interaction of certain population groups with epizootic focus	2
	Случайное взаимодействие с эпизоотическим очагом Random interaction with epizootic focus	1
Территориальная характеристика природного резервуара Features of the territorial characteristics of the infection reservoir	Множественные очаги в различных природно-климатических зонах Multiple foci in various natural and climatic zones	5
	Множественные очаги в пределах одной природно-климатической зоны Multiple foci within the same natural and climatic zone	4
	Локальные очаги большой территориальной протяженности Local foci of the large territorial extent	3
	Множественные очаги малой территориальной протяженности Local foci of the small territorial extent	2
	Единичные очаги малой территориальной протяженности Single foci of the small territorial extent	1
Возможность передачи от человека к человеку Opportunity of the human-to-human transmission	Формирует устойчивые антропоургические очаги за счет передачи аспирационным или фекально-оральным путем Forms the constant anthropurgic foci due to aspiration or fecal-oral transmission	5
	Возможна аспирационная или фекально-оральная передача без формирования устойчивых антропоургических очагов aspiration or fecal-oral transmissionis possible without constant anthropurgic foci	4
	Возможна контактная передача Contact transmission is possible	3
	Возможна трансмиссивная передача Vector transmission is possible	2
	Возможна вертикальная передача Vertical transmission is possible	1
Восприимчивый организм Receptive organism	Доказана патогенность для человека Pathogenic for humans is proved	5
	Доказана патогенность для млекопитающих – различных видов тест-организмов Pathogenic for different types of mammalian test organisms is proved	4
	Патогенен для определенного вида тест-организмов или только при определенном способе заражения Pathogenic for a certain type of test organisms or only for certain route of infection	3

Опасность источника инфекции Threat of infectionsource		
Фактор Factor	Элементы фактора Factor-related elements	Баллы Scores
Восприимчивый организм Receptive organism	Патогенен для новорожденных мышей, вызывает ЦПД на клетках Pathogenic for newborn mice or causes CPE on cells	2
	Наличие патогенных близкородственных представителей The presence of the pathogenic closely related viruses	1
Обычная продолжительность инкубационного периода The incubation period	Более 3 недель More than 3 weeks	5
	До 3 недель Up to 3 weeks	4
	До 2 недель Up to 2 weeks	3
	От 5 дней до недели Up 5 days to a week	2
	Менее 5 дней Less than 5 days	1
Характер течения инфекционного процесса The course of the infectious process	Неманифестное (бессимптомное) Asymptomatic	5
	Манифестное легкое The mild course of the disease	4
	Манифестное средней тяжести The symptomatic moderate severity	3
	Манифестное тяжелое Severe course of the disease	2
	Манифестное тяжелое с летальным исходом Severe fatal disease	1
Интенсивность распространения эпидемического процесса The intensity of the epidemic process	Зарегистрированы случаи пандемической заболеваемости Cases of pandemic morbidity have been reported	5
	Зарегистрированы случаи эпидемической заболеваемости Cases of epidemic morbidity have been reported	4
	Зарегистрированы случаи вспышечной заболеваемости Cases of outbreaks morbidity have been reported	3
	Зарегистрированы случаи спорадической заболеваемости Cases of sporadic morbidity have been reported	2
	Наличие серопревалентности при отсутствии заболеваемости The seroprevalence in the absence of morbidity	1

свойствами возбудителя, предопределяющими его способность сохраняться во внешней среде.

Характер взаимодействия человека, проживающего на эндемичной территории, с источником инфекции, также как и территориальная характеристика природного резервуара в определенной мере относятся к факторам, отражающим опасность первого звена эпидемического процесса, но при этом также характеризуют эпидемиологическую опасность реализации механизма передачи инфекции, поэтому в существующей системе показателей данные факторы отнесены ко второму звену.

3. *Опасность восприимчивости макроорганизма.* Включает факторы, описывающие опасность третьего, обязательного, элемента эпидемического процесса, особенности течения инфекционного процесса при взаимодействии организма

человека с возбудителем, которые способствуют проявлению и поддержанию патологического процесса на популяционном уровне.

В данную группу отнесены непосредственный круг восприимчивых организмов и факторы, характеризующие время существования возможного эпидемического очага и риск возникновения вторичных и третичных случаев заражения (обычная продолжительность инкубационного периода, характер течения инфекции), а также интенсивность распространения эпидемического процесса.

Для оценки эпидемического потенциала вируса в соответствии с разработанными критериями необходимо обобщить и проанализировать известные данные по трем рассматриваемым группам факторов, участвующих в формировании эпидемиологической опасности.

По результатам оценки возбудителя по предложенным факторам и сумме баллов предлагается следующая шкала определения эпидемического потенциала:

- 1) при сумме баллов 24 и ниже — низкий эпидемический потенциал;
- 2) при сумме баллов от 25 до 44 — средний эпидемический потенциал;
- 3) при сумме баллов 45 и выше — высокий эпидемический потенциал.

Если в ходе балльной оценки для вируса подходит несколько факторов из перечисленных — оценка выставляется по максимальному значению. Если данные по какому-либо факто-

ру отсутствуют или в настоящий момент никак не изучены — ставится 0.

Для проверки предлагаемой системы оценки эпидемического потенциала дополнительно с помощью представленных критериев было проведено определение эпидемического потенциала ряда возбудителей природно-очаговых инфекций с трансмиссивным и нетрансмиссивным механизмом передачи (табл. 2).

Полученные значения и присвоенный согласно им эпидемический потенциал, в целом, соответствуют современным представлениям об эпидемиологической опасности оцененных возбудителей природно-очаговых инфек-

Таблица 2. Результаты оценки эпидемического потенциала возбудителей некоторых природно-очаговых инфекций

Table 2. Assessment of epidemic potential for some natural-focal viral infections

Вирус Virus	1 группа 1 st group	2 группа 2 nd group	3 группа 3 rd group	Сумма баллов Summary	Эпидемический потенциал Epidemic potential
Вирус Кемерово Kemerovo virus (KEMV)	16	11	11	38	Средний Medium
Вирус Муко Muko virus (MUV)	13	8	0	21	Низкий Low
Вирус клещевого энцефалита Tick-borne encephalitis virus (TBEV)	12	15	15	42	Средний Medium
Вирус геморрагической лихорадки Крым-Конго Crimean-Congo hemorrhagic fever orthonairovirus	17	16	14	47	Высокий High
Вирус Парамушир Paramushir virus (PARV)	10	12	0	22	Низкий Low
Вирус Лихорадки Западного Нила West Nile virus	19	13	15	47	Средний Medium
Вирус денге Dengue virus (DENV)	19	15	16	50	Высокий High
Вирус Зика Zika virus (ZIKV)	18	15	16	49	Высокий High
Вирус японского энцефалита Japanese encephalitis virus	19	12	14	45	Высокий High
Вирус Ласса Lassa virus (LASV)	16	18	14	48	Высокий High
Вирус Луйо Lujo virus (LUJV)	15	13	11	39	Средний Medium
Вирус Эбола Заир Ebola virus Zaire	8	18	14	40	Средний Medium
Вирус Рестон Reston virus (RESTV)	9	8	1	18	Низкий Low
Вирус бешенства Rabies virus (RABV)	16	10	14	40	Средний Medium
Вирус Хатанга Khatanga virus	15	7	1	23	Низкий Low
Вирус Добрава-Белград Dobrava-Belgrade virus (DOBV)	15	14	16	45	Высокий High
Вирус Пуумала Puumala virus (PUUV)	15	14	16	45	Высокий High
Вирус Вад-Медани Wad Medani virus (WMV)	12	8	0	20	Низкий Low
Бетакоронавирус SARS-CoV-2 Betacoronavirus SARS-CoV-2	18	17	15	49	Высокий High

ций. Возбудители особо опасных инфекций I–II группы патогенности, такие как вирус Эбола Заир, вирус Ласса, вирус геморрагической лихорадки Крым-Конго, способные передаваться нетрансмиссивно, а также от человека к человеку, обладают высоким эпидемическим потенциалом. Возбудители II группы патогенности с трансмиссивным механизмом передачи обладают средним и приближающимся к высокому эпидемическим потенциалом, который ограничивается отсутствием возможности нетрансмиссивной передачи или отсутствием передачи от человека к человеку (например, вирус клещевого энцефалита). Малоизученные, непатогенные для человека вирусы и вирусы с еще недоказанной патогенностью ожидаемо обладают низким эпидемическим потенциалом. Однако по мере их изучения и появления новых данных текущее значение эпидемического потенциала для них может измениться.

Таким образом, предложенная система оценки эпидемического потенциала показала свою

работоспособность и позволила не только представить способность возбудителей к формированию эпидемического процесса в количественном выражении, но и сравнить эпидемический потенциал различных возбудителей между собой и оценивать в полученном значении удельный вес каждого из трех факторов эпидемиологической опасности, составляющих компоненты эпидемического процесса. В дальнейшем система оценки может быть расширена за счет внесения новых значимых показателей или усовершенствована иным образом, что позволит ей стать универсальным инструментом в рамках развивающегося подхода «аналитики вспышек» [24] и предупреждения угроз возникновения ЧС санитарно-эпидемиологического характера.

Конфликт интересов

Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Список литературы/References

1. Громашевский Л.В. Общая эпидемиология. 4-е изд. М.: Медицина, 1965. 290 с. [Gromashevsky L.V. General epidemiology. 4th ed. Moscow: Medicine, 1965. 290 p. (In Russ.)]
2. Кисличкина А.А., Кадникова Л.А., Платонов М.Е., Майская Н.В., Коломбет Л.В., Соломенцев В.И., Богун А.Г., Анисимов А.П. Дифференциация штаммов *Yersinia pestis* основного, неосновного подвидов и других представителей *Yersinia pseudotuberculosis* complex // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2017. Т. 35, № 2. С. 5–10. [Kislichkina A.A., Kadnikova L.A., Platonov M.E., Maiskaya N.V., Kolombet L.V., Solomentsev V.I., Bogun A.G., Anisimov A.P. Differentiation of *Yersinia pseudotuberculosis*, *Yersinia pestis* subsp. *pestis* and subsp. *microti* strains and other representatives of *Yersinia pseudotuberculosis* complex. *Molekulyarnaya genetika, mikrobiologiya i virusologiya = Molecular Genetics, Microbiology and Virology*, 2017, vol. 35, no. 2, pp. 5–10. (In Russ.)] doi: 10.18821/02080613-2017-35-2-43-48
3. Куклев Е.В., Кокушкин А.М., Кутырев В.В. Количественная оценка величины эпидемического потенциала природных очагов чумы и оптимизация эпидемиологического надзора за этой инфекцией // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2001. № 5. С. 10–13. [Kuklev E.V., Kokushkin A.M., Kutyrer V.V. Quantitative assessment of the magnitude of the epidemic potential of natural plague foci and optimization of epidemiological surveillance of this infection. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases*, 2001, no. 5, pp. 10–13. (In Russ.)]
4. Малеев В.В. Проблемы инфекционной патологии на современном этапе // Инфекционные болезни. 2015. Т. 13, № 2. С. 5–9. [Maleyev V.V. Problems of infectious pathology at the present stage. *Infeksionnye bolezni = Infection Diseases*, 2015, vol. 13, no. 2, pp. 5–9. (In Russ.)] doi: 10.20953/1729-9225-2015-2-5-9
5. Москвитина Э.А., Горобец А.В., Прометной В.И., Баташев В.В. Оценка эпидемического потенциала территории при холере с использованием комплекса показателей (Сообщение 2) // Проблемы особо опасных инфекций: сб. науч. тр., 2001. Т. 82. С. 35–43. [Moskvitina E.A., Gorobets A.V., Prometnoy V.I., Batashev V.V. Evaluation of epidemic contamination of the territory during cholera using an array of indicators (Message 2). *Problems of Particularly Dangerous Infections: Collection of Conference Papers*, 2001, vol. 82, pp. 35–43. (In Russ.)]
6. Нафеев А.А. Современные особенности эпидемических проявлений природно-очаговых инфекций (геморрагической лихорадки с почечным синдромом, лептоспирозов, иксодовых клещевых боррелиозов, туляремии) и оптимизация эпидемиологического надзора за ними (на модели Ульяновской области) // СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2007. 346 с. [Nafeev A.A. Modern features of epidemic manifestations of natural focal infections (hemorrhagic fever with renal syndrome, leptospirosis, ixodid tick-borne borreliosis, tularemia) and optimization of their epidemiological surveillance (on the model of the Ulyanovsk region). *St. Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy*, 2007. 346 p. (In Russ.)]
7. Павловский Е.Н. О природной очаговости инфекционных и паразитарных болезней // Вестник АН СССР. 1939. Т. 10. С. 98–108. [Pavlovsky E.N. About the natural focalicity of infectious and parasitic diseases. *Vestnik AN SSSR = Bulletin of the USSR Academy of Sciences*, 1939, vol. 10, pp. 98–108. (In Russ.)]
8. Симонова Е.Г. Современный этап развития эпидемиологического надзора и перспективы его совершенствования // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2017. Т. 16, № 4. С. 4–8. [Simonova E.G. Modern stage of development of the epidemiological surveillance and prospects of its improvement. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2017, vol. 16, no. 4, pp. 4–7. (In Russ.)] doi: 10.31631/2073-3046-2017-16-4-4-7
9. Симонова Е.Г., Сергеев В.И. Предэпидемическая диагностика в системе риск-ориентированного эпидемиологического надзора над инфекционными болезнями // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2018. Т. 17, № 5.

- C. 31–37. [Simonova E.G., Sergevnin V.I. Pre-epidemic diagnosis in the system risk-oriented epidemiological surveillance of infectious diseases. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2018, vol. 17, no. 5, pp. 31–37. (In Russ.)] doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-5-31-37
10. Топорков А.В., Куклев Е.В., Щербаклова С.А., Осина Н.А., Топорков В.В. Типовой алгоритм действий в условиях чрезвычайных ситуаций, вызванных возбудителями неизвестных инфекционных болезней // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2010. № 5. С. 20–24. [Toporkov A.V., Kuklev E.V., Scherbakova S.A., Osina N.A., Toporkov V.P. Typical procedure of actions during emergency situations caused by agents of unknown infectious diseases. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2010, no. 5, pp. 20–24. (In Russ.)]
 11. Хотько Н.И., Федянин Ю.П., Коломиец В.В. К проблеме использования эпидемического потенциала при эпиднадзоре за инфекциями с природной очаговостью. В кн. Природно-очаговые болезни человека: сб. научн. тр. Омск, 1996. С. 232–233. [Khotko N.I., Fedyanin Yu.P., Kolomiets V.V. On the problem of using epidemic potential in surveillance of natural-foci infections. In: *Natural-foci human diseases: collection of scientific works*. Omsk, 1996, pp. 232–233. (In Russ.)]
 12. Черкасский Б.Л. Оценка риска в эпидемиологии. М.: Медицина, 2006. 160 с. [Cherkassky B.L. Risk estimation in epidemiology. Moscow: Medicine, 2006. 160 p. (In Russ.)]
 13. Шкарин В.В., Ковалишена О.В. Новые инфекции: систематизация, проблемы, перспективы // Нижний Новгород: Изд-во НГМА, 2012. 510 с. [Shkarin V.V., Kovalishena O.V. New infections: systematization, problems, prospects. *Nizhny Novgorod: Publishing House of NGMA*, 2012. 510 p. (In Russ.)]
 14. Шкарин В.В., Ковалишена О.В. Проблемы и перспективы системы мониторинга контроля за новыми инфекциями // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2013. № 4. С. 4–9. [Shkarin V.V., Kovalishena O.V. An emerging infection monitoring and control system: problems and prospects. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni. Aktual'nye voprosy = Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items*, 2013, no. 4, pp. 4–9. (In Russ.)]
 15. Bettencourt L.M., Ribeiro R.M. Real time bayesian estimation of the epidemic potential of emerging infectious diseases. *PLoS One*, 2008, vol. 3, no. 5: e2185. doi: 10.1371/journal.pone.0002185
 16. Campos G.S., Bandeira A.C., Sardi S.I. Zika Virus Outbreak, Bahia, Brazil. *Emerg. Infect. Dis.*, 2015, vol. 21, no. 10, pp. 1885–1886. doi: 10.3201/eid2110.150847
 17. Cauchemez S., Fraser C., Van Kerkhove M.D., Donnelly C.A., Riley S., Rambaut A., Ferguson N.M. Middle East respiratory syndrome coronavirus: quantification of the extent of the epidemic, surveillance biases, and transmissibility. *Lancet Inf. Dis.*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 50–56. doi: 10.1016/S1473-3099(13)70304-9
 18. Fraser C., Donnelly C.A., Cauchemez S., Hanage W.P., Van Kerkhove M.D., Hollingsworth T.D., Griffin J. Pandemic potential of a strain of influenza A (H1N1): early findings. *Science*, 2009, vol. 324, no. 5934, pp. 1557–1561. doi: 10.1126/science.1176062
 19. Holmes E.C., Rambaut A., Andersen K.G. Pandemics: spend on surveillance, not prediction. *Nature*, 2018, vol. 558, no. 7709, pp. 180–182. doi: 10.1038/d41586-018-05373-w
 20. Liu J., Xiao H., Lei F., Zhu Q., Qin K., Zhang X.W., Zhang X.L., Zhao D., Wang G., Feng Y., Ma J., Liu W., Wang J., Gao G.F. Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds. *Science*, 2005, vol. 309, no. 5738: 1206. doi: 10.1126/science.1115273
 21. Morens D.M., Folkers G.K., Fauci A.S. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*, 2004, vol. 430, no. 6996, pp. 242–249. doi: 10.1038/nature0275
 22. Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it. URL: [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it) (11.04.2022)
 23. Osterholm M.T. Preparing for the next pandemic. *N. Engl. J. Med.*, 2005, vol. 352, no. 18, pp. 1839–1842. doi: 10.1056/NEJMp058068
 24. Polonsky J.A., Baidjoe A., Kamvar Z.N., Cori A., Durski K., Edmunds W.J., Eggo R.M., Funk S., Kaiser L., Keating P., de Waroux O.L.P., Marks M., Moraga P., Morgan O., Nouvellet P., Ratnayake R., Roberts C.H., Whitworth J., Jombart T. Outbreak analytics: a developing data science for informing the response to emerging pathogens. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 2019, vol. 374, no. 1776: e20180276. doi: 10.1098/rstb.2018.0276

Авторы:

Сафонова М.В., биолог лаборатории диагностики вирусных инфекций I–II групп патогенности ФКУЗ Противочумный центр Роспотребнадзора, Москва, Россия;
Симонова Е.Г., д.м.н., профессор кафедры эпидемиологии Института профессионального образования ФГАОУ ВО Первый Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия;
Долгова А.С., к.б.н., старший научный сотрудник, руководитель группы молекулярной генетики патогенных микроорганизмов ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;
Лопатин А.А., к.м.н., директор ФКУЗ Противочумный центр Роспотребнадзора, Москва, Россия;
Дедков В.Г., к.м.н., зам. директора по научной работе ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия.

Authors:

Safonova M.V., Biologist, Laboratory of Diagnostics of I–II Pathogenicity Groups Viral Infections, Antiplague center, Federal Service for Surveillance on Consumers Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation;
Simonova E.G., PhD, MD (Medicine), Professor, Department of Epidemiology, Institute of Vocational Education, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation;
Dolgoval A.S., PhD (Biology), Senior Researcher, Head of the Group of Molecular Genetics of Pathogenic Microorganisms, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;
Lopatin A.A., PhD (Medicine), Director of the Antiplague center, Federal Service for Surveillance on Consumers Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation;
Dedkov V.G., PhD (Medicine), Deputy Director for Scientific Work, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation.