

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© Людмила Павловна Бессонова

Воронежский государственный университет инженерных технологий. 394000 г. Воронеж, пр-т Революции, 19

Контактная информация: Людмила Павловна Бессонова — д.т.н., профессор кафедры ТММП ВГУИТ.

E-mail: blp.bessonova@yandex.ru

Поступила: 13.07.2021

Одобрена: 01.12.2021

Принята к печати: 28.12.2021

РЕЗЮМЕ: Рассмотрение темы классификации инфекционных болезней (ИБ) с системных позиций и при использовании методов математического моделирования в период развития информационных технологий является значимой и актуальной. Проведена систематизация и упорядочивание различных ИБ в организме человека с учетом влияния на их распространение различных факторов, разработаны графовые модели и алгоритм, способствующий автоматизированному определению вида заболевания человека и риска, который ее вызвал (причину заболеваний). На основе системного анализа структурированы известные системы классификации ИБ по уровням и подсистемам и разработан алгоритм для определения видов инфекционных заболеваний. Статья может оказаться полезной как научным работникам, так и специалистам практического здравоохранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: системный подход; информационные технологии; математическое моделирование; графовая модель; эколого-эпидемиологическая классификация инфекционных болезней.

ECOLOGICAL AND EPIDEMIOLOGICAL CLASSIFICATION OF INFECTIOUS DISEASES BASED ON SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELING METHODS

© Lyudmila P. Bessonova

Voronezh State University of Engineering Technologies. 394000, Voronezh, Revolution Avenue, 19

Contact information: Lyudmila P. Bessonova — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of TMMP VGUIT.

E-mail: blp.bessonova@yandex.ru

Received: 13.07.2021

Revised: 01.12.2021

Accepted: 28.12.2021

ABSTRACT: Classification of the basics of drawing with infectious disease (IS) with a systematic position and using mathematical modeling methods during the heyday of information technology is relevant and relevant. Systematization and ordering of IB in the human body taking into account the influence on their arrangement of various factors, the development of a graphical model of the algorithm, spontaneous automation is divided Based on the system analysis of structured systems for classifying limestone IB systems by levels and subsystems and the developed algorithm, to determine species infectious diseases. The work can indicate the usefulness of both scientists and specialists in practical education.

KEY WORDS: system approach; information technologies; mathematical modeling; graph model; ecological and epidemiological classification of infectious diseases.

ВВЕДЕНИЕ

Инновационные (в том числе информационные) технологии основываются на новейших достижениях современной науки и обеспечивают прорывы в самых неожиданных областях деятельности человека. В настоящее время *информационные технологии* внедряются практически во все сферы деятельности человека, в том числе в медицину [1] и ветеринарию. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в медицинской теории и практике.

Информационные процессы подчиняются достаточно строгой иерархии, наследуют и усиливают качество своих предшественников. Проблема систематизации инфекционных болезней (далее ИБ) посвящено большое количество работ. Данная тема имеет непреходящее научно-теоретическое и прикладное значение для специалистов, изучающих различные аспекты ИБ.

Ранее уже была высказана точка зрения о систематизации механизмов, путей и факторов передачи возбудителей инфекционных и паразитарных болезней человека [2]. В настоящей работе автору хотелось сформулировать свою позицию по затронутым вопросам и показать возможность использования методов системного анализа и математического моделирования в решении данной проблемы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы являлась систематизация и упорядочивание ИБ человека с учетом механизмов, путей и факторов их передачи, а также разработка графовых моделей и алгоритма для определения вида заболеваний и предупреждения рисков их возникновения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве методов исследования автором выбраны *системный анализ* и *математическое моделирование*, в том числе такие его методы, как классификация объектов, упорядочивание или агрегирование информации, структурный анализ, построение графов и алгоритма. Системный анализ (далее СА) применяется, как правило, при исследовании больших и сложных систем.

При рассмотрении системы «Инфекционные болезни» с позиций СА ее можно представить как совокупность элементов, включающих: среду обитания возбудителей, органы их локализации в организме хозяина, пути и факторы их передачи.

Таблица 1

Характеристика сред обитания возбудителей инфекционных болезней человека

Резервуар возбудителя	Главная среда обитания	Группы болезней человека
Популяция людей	Человек	Антропонозы
Вне популяции людей	Животные	Зоонозы
	Абиотическая среда	Сапронозы

Для возбудителей ИБ наибольшее значение имеет среда обитания, без которой возбудитель не может существовать как биологический вид.

Применительно к возбудителям, вызывающим болезни людей, выделяют три главных среды обитания: 1) организм людей; 2) организм животных; 3) неживая среда (табл. 1) [4].

В основу предлагаемой автором системы «Инфекционные болезни» положена классическая теория механизма передачи их возбудителей, сформулированная Л.В. Громашевским в 1941 году, основанная на едином признаке — локализации возбудителя в организме [3].

В соответствии с этим признаком ИБ человека были разделены на четыре группы:

- 1) с кишечной локализацией и фекально-оральным механизмом передачи;
- 2) с локализацией в дыхательных путях и аэрозольным механизмом передачи;
- 3) с локализацией в крови и трансмиссионным механизмом передачи;
- 4) с локализацией на кожных наружных, слизистых покровах и контактным механизмом передачи.

Позже появился еще один способ передачи ИБ: с локализацией в зародышевой клетке и *вертикальным* механизмом передачи.

Локализация возбудителя в организме может быть множественной. Для зоонозных инфекций характерно несколько механизмов передачи, причем определить главный из них порой бывает очень сложно. Многие сапронозы не имеют закономерного механизма передачи инфекции.

Качественные различия этих групп столь значительны, что требуют в каждом случае специфических критериев внутренней классификации. Скорее всего, эти критерии не могут быть едиными для антропонозов, зоонозов и сапронозов, поэтому в данной статье рассматривается классификация только антропонозов.

В 1989 году В.Д. Беляков и соавт. [4] предложили дифференцировать все инфекции с учетом специфики резервуара возбудителей на

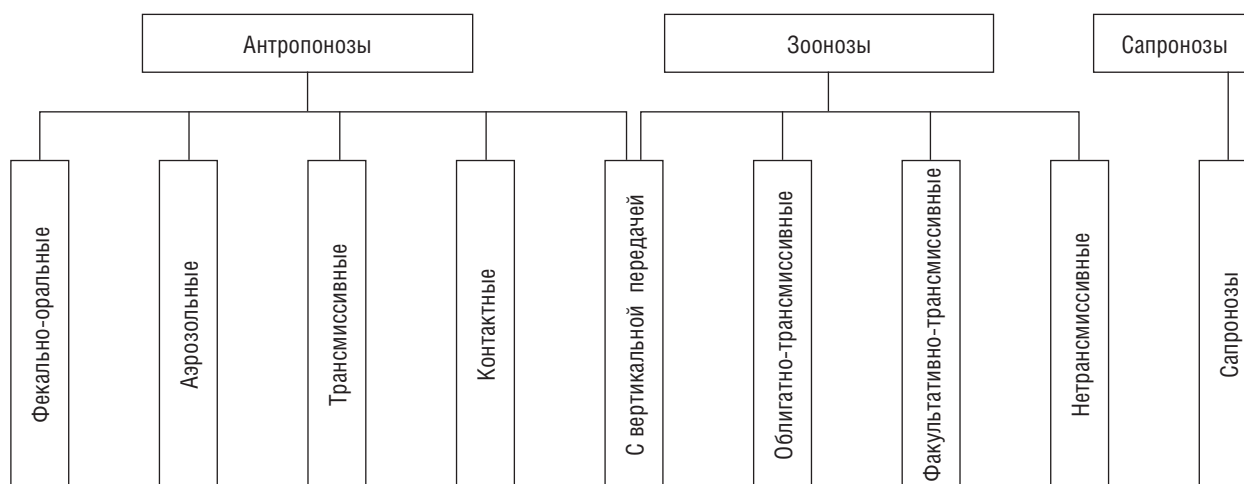


Рис. 1. Классификация инфекционных (паразитарных) болезней человека на основе экологической и филогенетической близости возбудителей (по В.Д. Белякову, 1989)

три класса: антропонозы, зоонозы и сапронозы (рис. 1).

Б.Л. Черкасский (1994) впервые рассмотрел эпидемиологический процесс как иерархическую систему и установил в ней уровни, межуровневые и внутриуровневые причинно-следственные связи.

Разработанная им концепция социально-экологической теории эпидемиологического процесса [14, 15] позволила упорядочить структуру эпидемического процесса и структуру информационных потоков. Предложенная классификация инфекционных (паразитарных) болезней человека отражала не только специфику резервуара возбудителей, но и особенности передачи патогенных микроорганизмов человека из этих резервуаров (табл. 2).

В 2012 году В.И. Сергеевным была предложена уточненная эколого-эпидемиологическая классификация ИБ человека, основанная на принципе дифференциации ИБ на классы по основному резервуару возбудителя, а внутри них на группы по ведущему механизму передачи возбудителя (заражения человека) и локализации возбудителя в организме больного (табл. 3) [5]. Однако в данной классификации не учтена природа возбудителя.

Приведенные выше способы классификации, построенные по различным признакам, существуют самостоятельно, взаимодополняя друг друга.

Задачей исследований автора являлось проведение моделирования «Системы ИБ», которое до настоящего времени не проводилось из-за сложности, многоальтернативности существующих вариантов, отсутствия математического описания и построения единой

иерархической системы «Инфекционные болезни».

Системный подход позволяет решить проблему построения сложной системы с учетом всех факторов и возможностей, на всех этапах исследуемой системы (S') и построения графовых моделей $G = G(M)$. Системный подход означает, что каждая система (S') является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных разобобщенных подсистем. Таким образом, в основе системного подхода лежит рассмотрение системы как интегрированного целого, исходя из цели ее функционирования, и построение абстрактных моделей [6–8]. Модель должна отвечать заданной цели, поэтому отдельные ее части komponуются, исходя из единой системной задачи.

Задачами настоящих исследований являлись:

- 1) упорядочение существующих способов классификации;
- 2) выполнение структурного анализа с выявлением уровней и подсистем;
- 3) проведение алгометрического синтеза системы.

Основная часть. Пусть $S = \{S_i\}$ — множество возможных вариантов структурных компонентов рассматриваемой системы ИБ, где S_i — i -й вариант структурной компоновки ($i = \overline{1, B}$); B — число возможных вариантов. Его можно представить в виде графа $G = (D, \Gamma)$, где $D = \{d_i\}$, ($i = \overline{1, I}$) — множество элементов, входящих в структурную компоновку системы: $i = \{1, j\}$, $i = \overline{1, I}$, $j = \overline{1, J}$ — множество дуг, соединяющих эти элементы. Элементы структурной компоновки системы и связи между ними можно представить матрицей сетевого графа G .

Таблица 2

Эпидемиологическая классификация инфекционных (паразитарных) болезней человека

Вирусные	Бактериальные	Протозойные	Микозы	Гельминтозы
<i>Кишечные инфекции</i>				
Вирусный гепатит А (ВГА)	Брюшной тиф, паратиф А	Амебиаз	Африканский гистоплазмоз	Аскаридоз
Вирусный гепатит Е (ВГЕ)		Лямблиоз		Гименолепидоз, дракункулез
Инфекции, вызванные норовирусом	Стафилококковые пищевые токсикоинфекции (ПТИ)			Трихоцефалез, энтеробиоз
Ротавирусная инфекция				
Энтеровирусные инфекции, вызванные вирусами Коксаки А и В, ЕСНО и др.	Холера, шигеллезы			
Полиомиелит	Эшерихиозы			
<i>Инфекции дыхательных путей</i>				
Грипп	Дифтерия	Акантамебный менингит		
Аденовирусные инфекции	Инфекции, вызванные <i>Haemophilus influenzae</i>	Пневмоцистоз		
Герпетические инфекции	Менингококковая инфекция			
Респираторно-синцитиальная инфекция (РС-инфекция)	Коклюш, лепра			
Корь	Паракоклюш			
Краснуха	Пневмококковая инфекция			
Инфекционный мононуклеоз				
Ветряная оспа	Туберкулез			
Натуральная оспа	Респираторный хламидиоз			
Парагрипп				
Эпидемический паротит				
<i>Кровяные инфекции</i>				
Передаваемые москитами	Передаваемые блохами	Передаваемые комарами		Передаваемые мухами
Лихорадка флeботомная	Бартонеллез	Малярия		Лоаоз
	Передаваемые вшами			Передаваемые комарами
	Окопная лихорадка, сыпной тиф, возвратный эпидемический тиф			Бругиоз, вухерериоз
<i>Инфекции наружных покровов</i>				
Бородавки вирусные В	Беджель	Лейшманиоз висцеральный индийский	Актиномикоз	
Вирусный гепатит В (ВГВ)	Гонорея	Кожный лейшманиоз Старого Света (городского типа)	Кандидоз, антропонозная микроспория	Анкилостомидозы
Вирусный гепатит С (ВГС)	Донованоз		Антропонозная трихофития	Онхоцеркоз, стронгилоидоз
Вирусный гепатит D (ВГD)	Стафилококковые инфекции	Трихомоноз	Эпидермофития	Шистосомоз
ВИЧ-инфекция				
Цитомегаловирусная инфекция	Сифилис, трахома, фрамбезия, урогенитальный хламидиоз, мягкий шанкр			

Таблица 3

**Эколого-эпидемиологическая классификация инфекционных болезней человека
и репрезентативные инфекции**

Классы болезней по резервуару возбудителей		Группа болезней по ведущему механизму передачи возбудителя и локализации возбудителя в организме			
		Кишечные	Дыхательных путей	Кровяные	Наружных покровов
Антропонозы		Брюшной тиф, гепатит А, полиомелит, ротавирусная инфекция, энтеровирусная инфекция, амебиаз, энтеробиоз, трихоцефалез, тениоз	Ветряная оспа, грипп, дифтерия, коклюш, корь, краснуха, менингококковая инфекция, паротит, туберкулез антропонозный	ВИЧ-инфекция, вирусные гепатиты В и С, возвратный тиф, дельта-инфекция, филяриатозы	Гонорея, сифилис, трахома, чесотка, эпидермофития
Зоонозы		Бруцеллез, кампилобактериоз, сальмонеллез, токсоплазмоз, альвеококкоз, дифиллоботриоз, описторхоз, трихинеллез, токсокароз	Орнитоз, оспа обезьян, туберкулез зоонозный	Желтая лихорадка, иксодовые клещевые боррелиозы, лихорадка цуцугамуши, чума, японский энцефалит	Бешенство, микроспория зоонозная, пастереллез, сеп, содоху, трихофития зоонозная
Сапронозы	Почвенные	Ботулизм, перфрингенс-клостридиоз энтеральный, цереус-инфекция, кишечные инфекции, вызванные потенциально патогенными энтеробактериями	Аспергиллез, бластомикоз, гистоплазмоз, американский кокцидиоз	—	Газовая гангрена, столбняк, споротрихоз
	Водные	Аэромоноз, мелиоидоз, парегмолитическая инфекция, плезиомоноз, холера, эдвардсиеллез	Легионеллез	—	—
	Зоофильные	Псевдотуберкулез, кишечный иерсиниоз, листериоз, лептоспирозы	—	—	Сибирская язва

$$G = \{G_{ij}\}, \text{ где } G_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если связь } l_{ij} \text{ — существует;} \\ 0, & \text{если связь } l_{ij} \text{ — не существует} \end{cases}$$

Каждый из элементов d_i (любой дуги, их соединяющей), характеризуется вектором параметров $p_1^i, p_2^i, \dots, p_N^i$, а каждый структурный вариант реализации системы S_k — вектором Y_k критериев $y_1^k, y_2^k, \dots, y_M^k$. Эти критерии являются аддитивными функциями от соответствующих параметров элементов (дуги), т.е.

$$Y_i^k = \sum_{i=1}^M P_{ij}^n,$$

где P_i^n — i -й параметр, характеризующий элемент (дугу) структуры S^M .

Граница подмножества S^M и их поиск определяются следующим образом. На множестве векторов $B = \{B_i\}$, ($i = \overline{1, I}$), характеризующих варианты структурной компоновки системы ИБ одним из методов скалярной оптимизации по каждому критерию Y_m , ($m = \overline{1, M}$), определяется вектор Y_i^k . Для нахождения этих векто-

ров может быть использован любой из методов определения оптимального пути на графе (Дейкстры, Форда, динамического проектирования, ветвей и границ и др.).

Упорядочим информацию о существующих способах классификации ИБ на основе СА. Для этого выделим в них подсистемы, элементы и построим графовые модели, используя ориентированные графы, однозначно описывающие их структуру. Структурированную таким образом информацию легко разместить в базе данных компьютера.

В соответствии с теорией В.Д. Белякова и В.И. Сергеевнина [4, 5] все инфекции с учетом специфики резервуара возбудителя разделяют на три класса: антропонозы, зоонозы и сапронозы (табл. 1 и 3). Введем обозначения: K_i — система ИБ, подсистемами в ней будут (K_{ij}) — антропонозы, зоонозы, сапронозы, а элементами K_{iji} — человек, животные, вода, почва, внешняя среда + животные (табл. 4).

Более наглядно данные таблицы 4 можно представить в виде графовой модели

Таблица 4

Эколого-эпидемиологическая классификация инфекционных болезней

Код системы (K_i)	Название системы	Код подсистемы (K_{ij})	Название подсистемы	Код элемента (K_{ijl})	Наименование элемента (резервуара возбудителя)
K_1	Инфекционные болезни	K_{11}	Антропонозы	K_{111}	Человек
		K_{12}	Зоонозы	K_{121}	Животные
		K_{13}	Сапронозы	K_{131}	Вода
				K_{132}	Почва
				K_{133}	Внешняя среда + животные

$$G = G(K_i^j, \Gamma = \Gamma_i^j),$$

где вершины графа K_i^j , а ребра Γ_i^j — их связующие элементы (рис. 2).

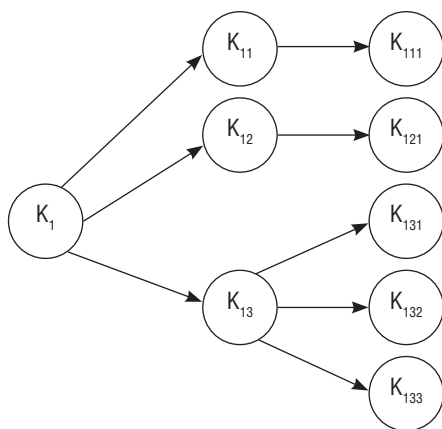


Рис. 2. Графовая модель $G = G(K_{ij}^l)$, ($i = \overline{1, I}$; $j = \overline{1, J}$; $l = \overline{1, L}$) эколого-эпидемиологической классификации инфекционных болезней

По природе возбудителей инфекционные болезни подразделяются в соответствии с классификацией Б.Л. Черкасского (табл. 2) на следующие виды:

- *вирусные* — вирусные гепатиты (ВГА, ВГЕ, ВГД), корь, краснуха, грипп, парагрипп, аденовирусные, герпетические инфекции, ВИЧ-инфекция, норовирусные, ротавирусные и энтеровирусные, респираторно-синцитиальные инфекции, оспа, менингит, полиомиелит, цитомегаловирусная инфекция и др.;
- *бактериальные* — холера, чума, дизентерия, стафилококковая и стрептококковая инфекции, сальмонеллез, менингит;
- *прионные* — фатальная семейная бессонница, куру, болезнь Крейтцфельда-Якоба;
- *протозойные* — критоспоридиоз, амебиаз, изоспориаз, бабезиоз, токсоплазмоз, бластоцистоз, малярия, балантидиаз;

- *микозы* (грибковые инфекции) — эпидермофития, аспергиллез, кандидоз, мукормикоз, криптококкоз, хромомикоз

- *гельминтозы* — аскаридоз, гименолепидоз, дракункулез, трихоцефалез, энтеробиоз [9–13].

Органами локализации возбудителей в организме человека являются:

- желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) — кишечные инфекции;
- респираторный тракт — инфекции дыхательных путей;
- кровь — кровяные инфекции;
- наружные покровы;
- зародышевые клетки.

ИБ человека классифицируются в зависимости от перечисленных признаков на разные виды. Наиболее полный перечень ИБ приведен в табл. 2, но он может быть расширен и пополнен в соответствии с указанными в таблице признаками.

Для упорядочивания информации и представления ее в базе компьютера введем некоторые обозначения: V_c — код природы возбудителя ($c = \overline{1, 6}$); R_n — код органа его локализации ($n = \overline{1, 5}$); W_{VRA} — код болезни ($a = \overline{1, A}$).

Графовая модель системы ИБ человека $G = G(W_{VSA})$ в зависимости от природы возбудителя (V_c) и органов их локализации (S_n) представлена на рис. 3.

Как видно на рисунке 3, графовая модель системы ИБ человека $G = G(W_{VSA})$ представлена на трех уровнях:

- на 1-м уровне осуществляется выбор природы возбудителя V_c ($c = \overline{1, 6}$);
- на 2-м уровне проводится выбор органа локализации возбудителя (R_n) ($n = \overline{1, 5}$);
- на 3-м уровне — вид заболевания (W_{VRA} , $a = \overline{1, A}$) в соответствии с природой возбудителя (V_c).

В соответствии с законом, сформулированным Л.В. Громашевским, перемещение возбудителя (V_c) из одного организма в другой

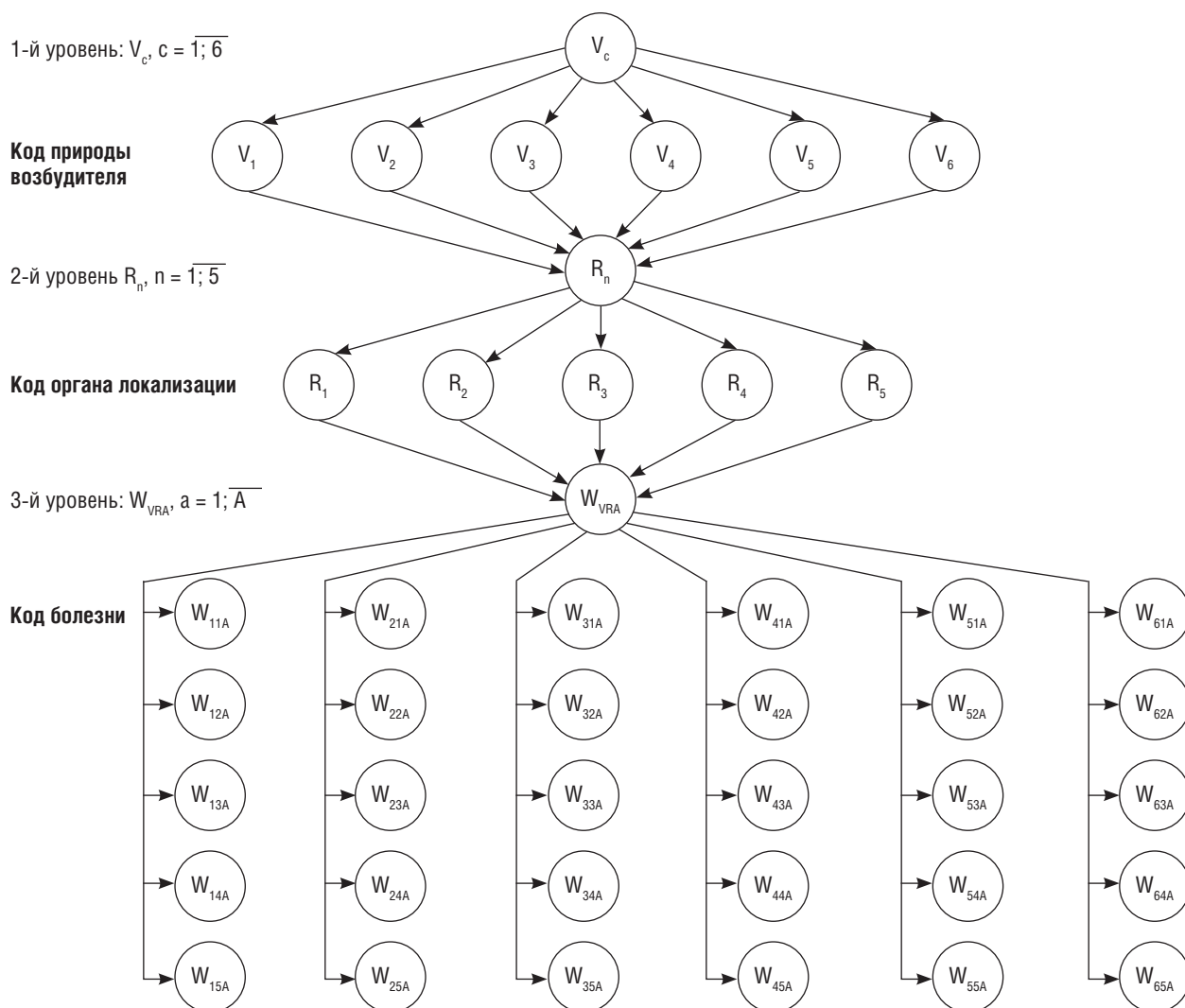


Рис. 3. Графовая модель Системы ИБ человека $G = G(W_{VSA})$ в зависимости от природы возбудителя (V_c) и органов их локализации (R_n). V_c — код природы возбудителя; V_1 — вирусные; V_2 — прионные; V_3 — протозойные; V_4 — бактериальные; V_5 — микозы; V_6 — гельминтозы; код органа локализации возбудителя — (R_n): R_1 — кишечные; R_2 — респираторные; R_3 — кровяные; R_4 — наружные покровы; R_5 — зародышевые клетки; W_{VRA} — виды ИБ человека (см. табл. 2)

происходит посредством того или иного механизма передачи (S_{nm}) и является обязательным условием существования любого паразитарного микроорганизма. При этом механизм передачи (S_{nm}) соответствует специфической локализации возбудителя в организме хозяина. Локализация возбудителей определяет такой выход паразита во внешнюю среду, который необходим для передачи другому организму.

В настоящее время сложилось представление, что механизм передачи является «эволюционно выработанным способом перемещения возбудителя из одного организма в другой», обеспечивающим поддержание его как биологического вида [11]. В таблице 5 приведена классификация механизмов передачи (S_{nm}), путей (S_{nm}^k) и факторов передачи (S_{nm}^{kf}) возбу-

лей инфекционных и паразитарных болезней человека.

Следуя далее по дереву принятия решений, построим еще одну графовую модель (S_n), $n = \overline{1, 5}$, с помощью которой могут уточняться характеристики ИБ, указанные в таблице 2.

Как видно на рисунке 4, графовая модель $G = G(S_n)$ представлена на четырех уровнях:

- на 1-м уровне осуществляется выбор органа локализации возбудителя и механизм его передачи $S_n, n = \overline{1, 5}$;
- на 2-м уровне проводится выбор механизмов передачи возбудителя $S_{nm}, n = \overline{1, 5}$;
- на 3-м уровне осуществляется выбор путей передачи возбудителя $S_{nm}^k, k = \overline{1, K}$;
- на 4-м уровне осуществляется выбор факторов передачи возбудителя $S_{nm}^{kf}, f = \overline{1, F}$.

Таблица 5

Классификация механизмов, путей и факторов передачи возбудителей инфекционных и паразитарных болезней человека

Код органа локализации (S_n)	Наименование органа локализации возбудителей	Код механизма передачи (S_{nm})	Наименование механизма передачи	Код пути передачи (S_{nm}^k)	Наименование пути передачи	Код фактора передачи (S_{nm}^{kf})	Наименование факторов передачи
S_1	ЖКТ (кишечные)	S_{11}	Фекально-оральный	S_{11}^1	Пищевой	S_{11}^{11}	Пища
				S_{11}^2	Водный	S_{11}^{21}	Вода
				S_{11}^3	Бытовой	S_{11}^{31}	Грязные руки
						S_{11}^{32}	Посуда
						S_{11}^{33}	Подстилка
S_2	Распираторный тракт (дыхательные пути)	S_{21}	Капельный (аэрозольный, аспирационный)	S_{21}^1	Воздушно-капельный	S_{21}^{11}	Жидкий аэрозоль
				S_{21}^2	Воздушно-пылевой	S_{21}^{21}	Сухой аэрозоль
S_3	Кровь	S_{31}	Трасмиссивный	S_{31}^1	Инокуляционный, Контаминационный	S_{31}^{11}	Экопаразиты
						S_{31}^{12}	Кровь
				S_{31}^2	Парентеральный	S_{31}^{21}	Кровь
						S_{31}^{22}	Шприцы
						S_{31}^{23}	Хирургический инструмент
						S_{31}^{24}	Инфузионные растворы
				S_{31}^3	Половой	S_{31}^{31}	Секреторная жидкость
S_4	Наружные покровы	S_{41}	Контактный	S_{41}^1	Раневой	S_{41}^{11}	Почва
						S_{41}^{12}	Пули
						S_{41}^{13}	Режущие предметы
		S_{42}	Гемоконтактный	S_{42}^1	Контактно-половой	S_{42}^{11}	Слюна Секреторная жидкость половых органов (половой секрет)
S_5	Зародышевые клетки	S_{51}	Вертикальный	S_{51}^1	Герминативный, околоплодно-контаминационный	S_{51}^{11}	Плацента, околоплодные воды

Анализируя информацию, представленную выше, можно сделать вывод, что система «Инфекционные болезни» состоит из разрозненных структур, которые необходимо объединить (синтезировать) в единую систему. Схема последовательности этапов синтеза структуры системы «Инфекционные болезни» приведена на рисунке 5.

Представленная таким образом информация упрощает их размещение в базе данных ком-

пьютера и позволяет разрабатывать алгоритмы поиска характеристик инфекционных и паразитарных болезней (рис. 6) и уточнить методы их лечения. Алгоритм работает по итерационному принципу, т.е. пока не выполнится заданное количество решений.

В эпоху информационных технологий данные вопросы являются чрезвычайно актуальными и помогут в работе, как медицинских работников, так и ветеринаров.

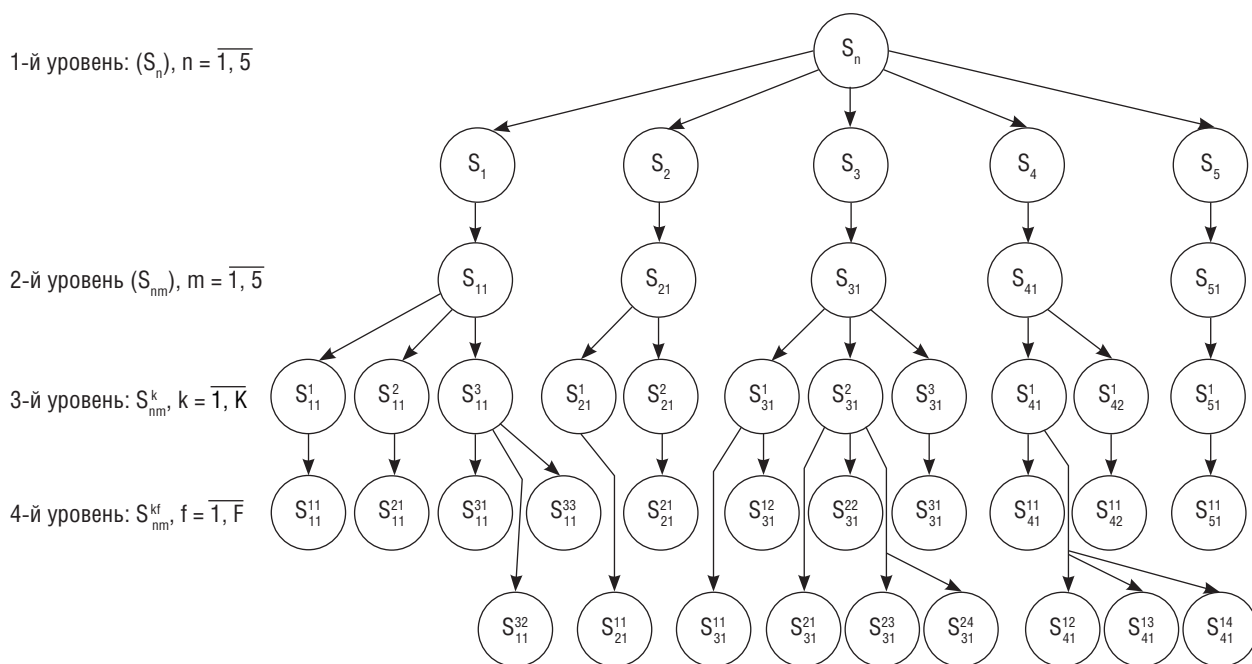


Рис. 4. Графовая модель $G = G(S_n)$ классификации механизмов (S_{nm}), путей (S_{nm}^k) и факторов передачи (S_{nm}^{kf}) возбудителей инфекционных и паразитарных болезней человека. S_n — код органа локализации: S_1 — ЖКТ; S_2 — респираторный тракт; S_3 — кровь; S_4 — наружные покровы; S_5 — зародышевые клетки; S_{nm} — код механизма передачи: S_{11} — фекально-оральный; S_{21} — капельный; S_{31} — трансмиссивный; S_{41} — контактный; S_{51} — вертикальный; S_{nm}^k — код пути передачи: S_{11}^1 — пищевой; S_{11}^2 — водный; S_{11}^3 — бытовой; S_{21}^1 — воздушно-капельный; S_{21}^2 — воздушно-пылевой; S_{31}^1 — инкубационный; S_{31}^2 — парентеральный; S_{31}^3 — половой; S_{41}^1 — раневой; S_{41}^2 — контактно-половой; S_{51}^1 — герминативный, околоплодно-контаминационный; S_{nm}^{kf} — код фактора передачи (см. табл. 4)

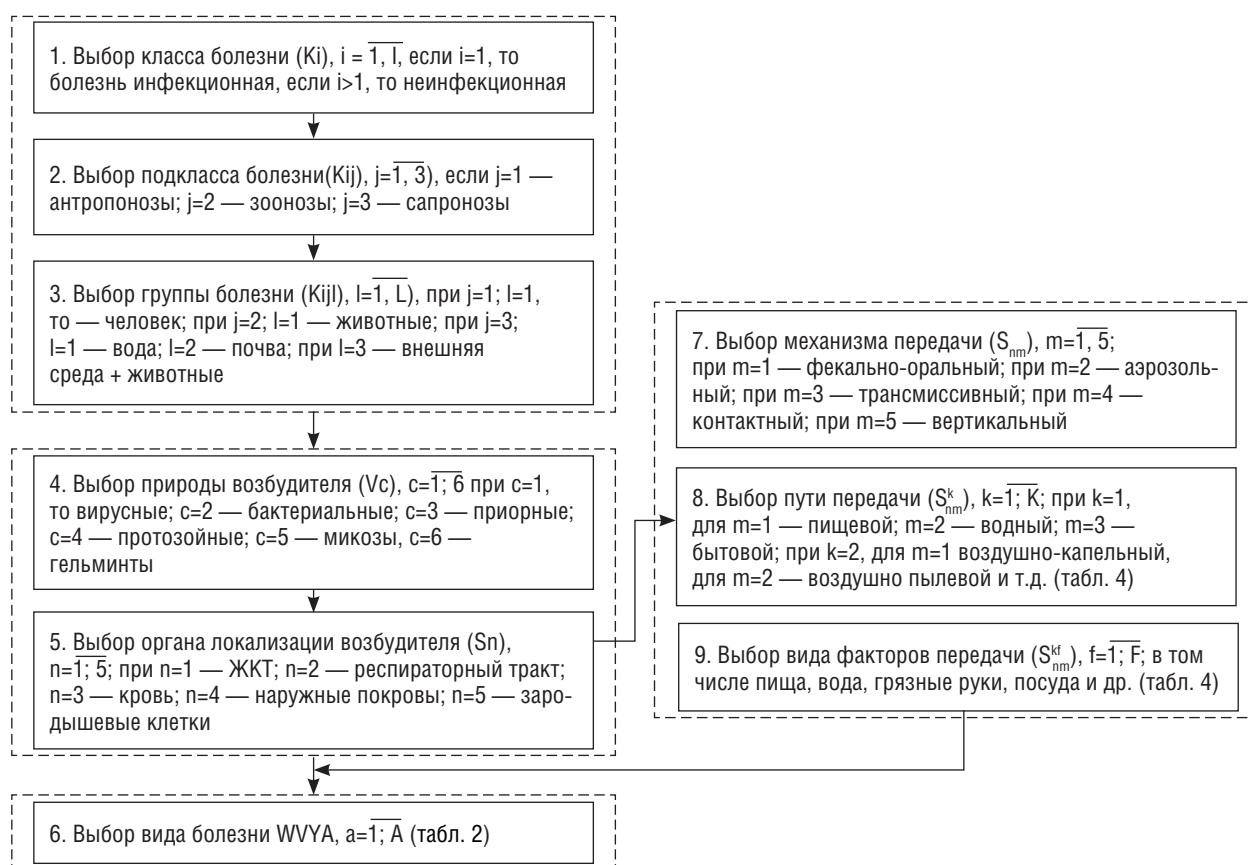


Рис. 5. Последовательность этапов синтеза структуры системы «Инфекционные болезни»

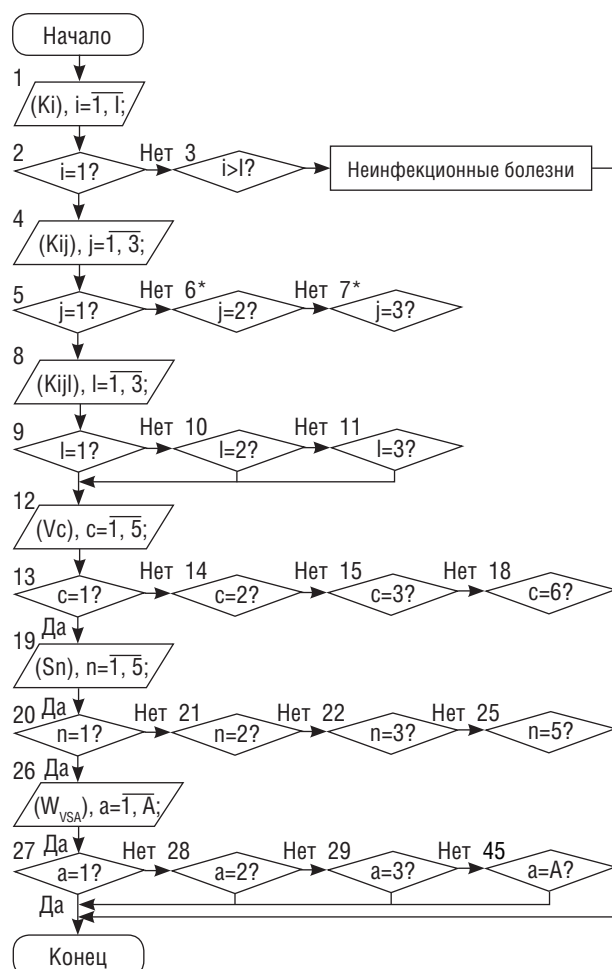


Рис. 6. Блок-схема алгоритма поиска решений в системе «Инфекционные и паразитарные болезни человека». *Примечание.* Ввиду ограниченности места в алгоритме не показаны блоки 7, 8 и 9, приведенные на рис. 5

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования позволили провести систематизацию и упорядочивание распространения инфекционных и паразитарных заболеваний по видам инфекций, механизмам, путям и факторам передачи возбудителей в организме человека, с учетом влияния на их распространение различных факторов, в т.ч. болезней животных. Провести структурный анализ с определением уровней (подсистем), разработать графовые модели $G = G(M)$ системы ИБ и алгоритм для определения видов инфекционных заболеваний с учетом указанных признаков. Рациональная классификация ИБ (по мнению Л.В. Громашевского) служит не только высшим обобщением достижений науки, но и теоретическим ключом для планирования системы эпидемиологического надзора

за инфекционными болезнями вплоть до их прекращения.

Работа носит дискуссионный характер, однако, на взгляд автора, может оказаться полезной как научным работникам, так и специалистам практического здравоохранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонова Л.П., Шеменев М.А. Методические подходы к оценке ожидаемой продолжительности жизни населения. Медицина: теория и практика. 2020; 5(3): 3–14.
2. Шабунин С.В., Бессонова Л.П., Паршин П.А., Котарев В.И. Ветеринарно-санитарные аспекты предупреждения рисков возникновения инфекционных заболеваний. Достижения науки и техники АПК. 2019; 33(1): 34–7.
3. Громашевский Л.В. Общая эпидемиология. 4-е изд. М.; 1965.
4. Беляков В.Д., Яфаев Р.Х. Эпидемиология. Учебник. Л.; 1989.
5. Сергеев В.И. Эколого-эпидемиологическая классификация инфекционных и паразитарных болезней человека: проблемы и пути решения. Эпидемиол. и инф. бол. 2002; 2: 54–7.
6. Бессонова Л.П., Антипова Л.В. Моделирование качества мясных продуктов. Вестник Воронежской государственной технологической академии. 2005; 10: 113–22.
7. Бессонова Л.П., Курчаева Е.Е. Системный подход в разработке электронных версий стандартов на примере мясной отрасли. В сборнике: Научные основы процессов, аппаратов и машин пищевых производств. Материалы Международной научной конференции. 2002: 222–6.
8. Сысоев В.В., Андреев С.Д., Бессонова Л.П. Принятие решений на основе многоцелевых моделей в условиях автоматизированного проектирования технологических схем. В сборнике: Выбор и принятие решений в САПР. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж; 1989: 4–9.
9. Покровский В.И., Ряпис Л.А. Прикладные и естественно-научные классификации инфекционных и паразитарных болезней человека. Эпидемио. и инф. бол. 2008: 5–9.
10. Самуйленко А.Я., Евглевский А.А. Современное состояние номенклатуры, терминологии и классификации инфекционных болезней. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013; 8: 71–3.
11. Сергеев В.И. Механизмы и пути передачи возбудителей инфекционных и паразитарных болезней человека (точка зрения). Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2012; 2(63): 4–9.
12. Черкасский Б.Л. Инфекционные и паразитарные болезни человека. Справочник эпидемиолога. М.; 1994.

13. Черкасский Б.Л. Руководство по общей эпидемиологии. М.; 2001.
14. Черкасский Б.Л. Системный подход в эпидемиологии. М.: Медицина; 1988.
15. Черкасский В.Л. Руководство по общей эпидемиологии. М.: Медицина; 2001.
16. Брико Н.И., Покровский В.И. Эпидемиология. Электронный ресурс. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431832.html>.

REFERENCES

1. Bessonova L.P., Shemenov M.A. Metodicheskiye podkhody k otsenke ozhidayemoy prodol-zhitel'nosti zhizni naseleniya. [Methodological approaches to assessing the life expectancy of the population]. Meditsina: teoriya i praktika. 2020; 5(3): 3–14. (in Russian)
2. Shabunin S.V., Bessonova L.P., Parshin P.A., Kotarev V.I. Veterinarno-sanitarnyye aspekty preduprezhdeniya riskov vozniknoveniya infektsionnykh zabolevaniy. [Veterinary and sanitary aspects of preventing the risks of infectious diseases]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019; 33(1): 34–7. (in Russian)
3. Gromashevskiy L.V. Obschaya epidemiologiya. [General epidemiology]. 4-ye izd. Moskva; 1965. (in Russian)
4. Belyakov V.D., Yafayev R.KH. Epidemiologiya. [Epidemiology]. Uchebnik. Leningrad; 1989. (in Russian)
5. Sergevnin V.I. Ekologo-epidemiologicheskaya klassifikatsiya infektsionnykh i parazitarnykh bolezney cheloveka: problemy i puti resheniya. [Ecological and epidemiological classification of infectious and parasitic human diseases: problems and solutions]. Epidemiol. i inf. bol. 2002; 2: 54–7. (in Russian)
6. Bessonova L.P., Antipova L.V. Modelirovaniye kachestva myasnykh produktov. [Modeling the quality of meat products]. Vestnik Voronezhskoy gosudarstvennoy tekhnologicheskoy akademii. 2005; 10: 113–22. (in Russian)
7. Bessonova L.P., Kurchayeva Ye.Ye. Sistemnyy podkhod v razrabotke elektronnykh versiy standartov na primere myasnoy otrasli. [A systematic approach to the development of electronic versions of standards on the example of the meat industry]. V sbornike: Nauchnyye osnovy protsessov, ap-paratov i mashin pishchevykh proiz-vodstv. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 2002: 222–6. (in Russian)
8. Sysoyev V.V., Andreyeshchev S.D., Bessonova L.P. Prinyatiye resheniy na osnove mnogotse-levykh modeley v usloviyakh avtomatizirovannogo proyektirovaniya tekhnologicheskikh skhem. [Making decisions based on multipurpose models in the conditions of automated design of technological schemes]. V sbornike: Vybor i prinyatiye resheniy v SAPR. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. Voronezh; 1989: 4–9. (in Russian)
9. Pokrovskiy V.I., Ryapis L.A. Prikladnyye i yestestvenno-nauchnyye klassifikatsii infektsionnykh i parazitarnykh bolezney cheloveka. [Applied and natural science classifications of infectious and parasitic diseases in humans]. Epidemiol. i inf. bol. 2008: 5–9. (in Russian)
10. Samuylenko A.YA., Yevglevskiy A.A. Sovremennoye sostoyaniye nomenklatury, terminologii i klassifikatsii infektsionnykh bolezney. [The current state of the nomenclature, terminology and classification of infectious diseases]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2013; 8: 71–3. (in Russian)
11. Sergevnin V.I. Mekhanizmy i puti peredachi vozbuditel'nykh infektsionnykh i parazitarnykh bolezney cheloveka (tochka zreniya). [Mechanisms and ways of transmission of pathogens of infectious and parasitic diseases in humans (point of view)]. Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika. 2012; 2(63): 4–9. (in Russian)
12. Cherkasskiy B.L. Infektsionnyye i parazitarnyye bolezni cheloveka. [Human infectious and parasitic diseases]. Spravochnik epidemiologa. Moskva; 1994. (in Russian)
13. Cherkasskiy B.L. Rukovodstvo po obshchey epidemiologii. [General Epidemiology Guide]. Moskva; 2001. (in Russian)
14. Cherkasskiy B.L. Sistemnyy podkhod v epidemiologii. [Systems approach in epidemiology]. Moskva: Meditsina Publ.; 1988. (in Russian)
15. Cherkasskiy V.L. Rukovodstvo po obshchey epidemiologii. [General Epidemiology Guide]. Moskva: Meditsina Publ.; 2001. (in Russian)
16. Briko N.I., Pokrovskiy V.I. Epidemiologiya. [Epidemiology]. Elektronnyy resurs. Moskva: GEOTAR-Media Publ.; 2015. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970431832.html> (in Russian)