

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(26)

2021 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 30.09.21
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 130 экз.
Усл. печ. л. 21,75. Уч.-изд. л. 13,99.
Зак. 81.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и
экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП
«Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызилов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силян (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., доцент), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

Редакционный совет

Е.Л. Богдан (МЗ РБ, Минск), А.В. Аклев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., чл.-кор. НАН, акад. НАМН Украины, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2021

№ 2(26)

2021

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

- А.В. Величко, С.Л. Ачинович, Ю.В. Бондарева**
Морфологические аспекты в диагностике аденомы и гиперплазии паращитовидных желез (обзор литературы) 6
- Б.О. Кабешев**
Серебро и нанотехнологии при профилактике развития инфекции области хирургического вмешательства 13
- В.М. Мицура**
Последствия перенесенной инфекции COVID-19 и возможности реабилитации пациентов с пост-ковидным синдромом 22
- Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова**
Сахарный диабет и глаукома: взаимосвязи патогенетических механизмов развития заболеваний 28

Медико-биологические проблемы

- О.Е. Клементьева, А.С. Лунёв, К.А. Лунёва, Г.Г. Шимчук**
Дифференциальная визуализация злокачественных и доброкачественных процессов с использованием фторированного тимидина у лабораторных животных 38
- В.А. Лемеш, В.Н. Кипень, М.В. Богданова, А.А. Буракова, А.Г. Булгак, А.В. Байда, О.В. Зотова, М.А. Кругликова, О.И. Добыш, В.И. Сакович**
Метилирование ДНК в образцах буккального эпителия человека в связи с определением возраста 44
- В.П. Невзоров, Т.М. Буланова, В.В. Пырву**
Математическая модель изменения состояния здоровья населения и демографии в едином территориально-временном пространстве 53
- Е.С. Пашинская**
Экспрессия сурвивина (*BIRC5*), эпидермального фактора роста (*ErbB-2/HER2-Neu*), фактора роста эндотелия сосудов (*VEGF*) и антионкогена *TP53* при токсоплазмозе во время развития экспериментальной глиомы 63

Reviews and problem articles

- A.V. Velichko, S.L. Achinovich, Y.V. Bondareva**
Morphological aspects in the diagnosis of adenoma and parathyroid hyperplasia (literature review) 6
- B. Kabeshev**
Silver and nanotechnologies in modification of suture material for prevention of surgical site infection 13
- V.M. Mitsura**
Long-term consequences of COVID-19 infection and the rehabilitation options for patients with post-covid syndrome 22
- E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova**
Diabetes mellitus and glaucoma: interrelations of pathogenetic mechanisms of disease development 28

Medical-biological problems

- O.E. Klement'eva, A.S. Lunev, K.A. Luneva, G.G. Shimchuk**
Differential visualization of malignant and benign processes using fluorinated thymidine in laboratory animals 38
- V.A. Lemesh, V.N. Kipen, M.V. Bahdanava, A.A. Burakova, A.G. Bulgak, A.V. Bayda, O.V. Zotova, M.A. Kruglikova, O.I. Dobysh, V.I. Sakovich**
DNA methylation in human buccal epithelium samples in determining age 44
- V.P. Nevzorov, T.M. Bulanova, V.V. Pyrvu**
Mathematical model of change of a state of health of the population and demography in uniform territorial and time space 53
- E.S. Pashinskaya**
Expression of survivin (*BIRC5*), epidermal growth factor (*ErbB-2/HER2-Neu*), vascular endothelial growth factor (*VEGF*) and anti-oncogene *TP53* in toxoplasmosis during the development of experimental glioma 63

Н.Л. Проскурякова, А.В. Симаков, Т.М. Алферова К вопросу сочетанного действия ионизирующей радиации и вредных факторов на организм человека	70	N.L. Proskuryakova, A.V. Simakov, T.M. Alferova To the question of the combined effect of ionizing radiation and harmful factors on the human body	
М.Н. Стародубцева, И.А. Челнокова, А.Н. Шклярора, Е.В. Цуканова, О.В. Шаховская, Н.И. Егоренков, Н.Н. Веялкина Наноархитектоника и наномеханические свойства поверхности эритроцитов человека и мыши линии BALB/c после облучения цельной крови рентгеновским излучением в дозе 0,5 Гр	77	M.N. Starodubtseva, I.A. Chelnokova, A.N. Shklyarova, A.U. Tsukanava, O.V. Shakhovskaya, N.I. Yegorenkov, N.N. Veyalkina Nanoarchitectonics and nanomechanical properties of the surface of human and mouse erythrocytes of the BALB/c line after irradiation of whole blood with x-ray radiation at a dose of 0,5 Gy	
Д.А. Чечетин Динамика антропометрических показателей позвоночника и стоп в процессе реабилитационных мероприятий при нарушениях осанки у детей	85	D.A. Chechetin Dynamics of anthropometric indicators of spine and feet during the process of rehabilitation measures for children posture disorders	
Клиническая медицина		Clinical medicine	
О.Н. Василькова, И.Ю. Пчелин, В.К. Байрашева, Я.А. Боровец, Ю.И. Ярец, Я.Л. Навменова, Е.П. Науменко, Т.В. Мохорт Кардиопротективные эффекты эмпаглифлозина и вилдаглиптина: клинико-инструментальная оценка структурно-функциональных показателей сердца и сердечных маркеров у пациентов с СД 2 типа	91	V.N. Vasilkova, I.Yu. Pchelin, V.K. Bayrasheva, Ya.A. Borovets, Yu.I. Yarets, Ya.L. Navmenova, E.P. Naumenka, T.V. Mokhort Cardioprotective effects of empagliflozin and vildagliptin: clinical and instrumental assessment of structural and functional parameters of the heart and cardiac markers in patients with diabetes type 2	
В.В. Гарькавенко Клинико-демографическая характеристика пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и эффективность их хирургического лечения в Красноярском крае	99	V.V. Gar'kavenko Clinical and demographic characteristics of patients with primary open-angle glaucoma and the efficiency of their surgical treatment in Krasnoyarsk region	
С.Л.Зыблев, С.В.Зыблева, Л.Е.Коротаева Цитокиновый профиль реципиентов почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде	105	S. Zyblev, S. Zybleva, L. Korotaeva Cytokine profile in kidney transplant recipients in the early postoperative period	
Н.А. Метляева, А.Ю. Бушманов, И.А. Галстян, А.А. Давтян, В.В. Кореньков, О.В. Щербатых Психофизиологическая адаптация двух пациентов с острой лучевой болезнью и лейкозом, пострадавших в аварии на ЧАЭС	111	N.A. Metlyaeva, A.Yu. Bushmanov, I.A. Galstyan, A.A. Davtyan, V.V. Korenykov, O.V. Shcherbatykh Psychophysiological adaptation of two patients with acute radiation sickness and leukemia affected in the accident at Chernobyl NPP	

Е.А. Полякова, С.А. Берестень, М.В. Стёганцева, И.Е. Гурьянова, Д.В. Луцкович, М.В. Белевцев

Оценка влияния перинатальных и интранатальных факторов на количество копий ТРЭК/КРЕК у недоношенных новорожденных

121

В.В. Татчихин

Клинические результаты хирургического лечения пациентов при раке оррофарингеальной области

128

Ю.И. Ярец, Н.И. Шевченко, В.Н. Мартинков
Биологические свойства *Staphylococcus aureus*-продуцентов биопленки, выделенных из раневого отделяемого пациентов

134

Обмен опытом

Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов

Современный взгляд на эпидемиологию, классификацию и генетику закрытоугольной глаукомы

144

А.Ю. Бушманов, Н.А. Богданенко, В.А. Ратников

Метрологическое обеспечение и стандартизация основных направлений деятельности ФГБУ «ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России в области радиобиологии, радиационной и химической защиты и безопасности, радиационного и дозиметрического контроля, медико-биологической безопасности неионизирующих излучений

153

Л.П. Зайцева, В.Н. Беляковский, Д.М. Лось, В.В. Похожай

Способы стандартизации цитологического исследования клеточного осадка мочи

159

Ю.И. Рожко, И.А. Глушнёв, Н.А. Ребенок, А.В. Куроедов, А.Ю. Брежнев

Оригинальные авторские идеи в сфере лечения глаукомы (обзор изобретений по базам патентов)

165

E.A. Polyakova, S.A. Beresten, M. V. Stegantseva, I.E. Guryanova, D.V. Lutsckovich, M.V. Belevtsev

Assessment of the Influence of Perinatal and Intranatal Factors on the Number of TREC/KREC Copies in Premature Infants

V.V. Tatchikhin

Clinical results of surgical treatment of patients with oropharyngeal cancer

Y.I. Yarets, N.I. Shevchenko, V.N. Martinkov

Biological properties of *Staphylococcus aureus* – biofilm producers isolated from wound swabs from patients

Experience exchange

N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov

Modern aspects of epidemiology, classification and genetics of angle-closure glaucoma

A.Yu. Bushmanov, N.A. Bogdanenko, V.A. Ratnikov

Metrological support and standardization of the main activities of State research center Burnasyan Federal medical biophysical center of Federal medical biological agency in the field of radiobiology, radiation and chemical protection and safety, radiation and dosimetric control, medical and biological safety of non-ionizing radiation

L.P. Zaitsava, V.N. Belyakovski, D.M. Los, V.V. Pohozhay

Ways to standardize the cytological examination of urine cell sludge

Yu.I. Razhko, I.A. Glushnev, N.A. Rebenok, A.V. Kuroyedov, A.Yu. Brezhnev

Original author's ideas in field of glaucoma treatment (review of inventions from patent databases)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ДЕМОГРАФИИ В ЕДИНОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ВРЕМЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

ФГБУ «ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва, Россия

Цель исследования – разработать математическую модель изменения состояния здоровья населения и демографии в едином территориально-временном пространстве.

Материалом послужили характеристики индивидуальных и общественных показателей и объединенных их изменений в системе оказания медицинской помощи по поддержанию состояния здоровья конкретных лиц, отражающего его колебания в территориально-временном пространстве. Эти объединения изменений проявляются скачкообразно с учетом отклонений в состоянии здоровья населения. Такие изменения можно представить в виде колебаний объёма общественных реакций на конкретные отклонения скачков с позиции понимания обобщающих функций с использованием далее функций типа Дирака. Скачкообразность представляется в виде кусочно-непрерывных периодов, что обеспечивает возможность планирования потенциальных общественных мероприятий, связанных с объёмом миграции населения и исследуемых изменений состояния здоровья.

В основу методики положена модель представления эпидемиологии как одной из форм проявления демографического процесса и вариант математической проверки возможности моделирования описанного процесса с переходом на линейную систему относительно разрывов, происходящих при рассматриваемых скачкообразных изменениях, соответствующим в наблюдаемых процессах.

В результате работы предложена новая математическая модель, отражающая процесс развития изменения состояния здоровья населения аналогично проявлению демографических и миграционных процессов в едином территориально-временном пространстве.

Проведена контрольная проверка расчетов на конкретном примере подмосковного района с населением около 60 тыс. человек. Она подтвердила возможность получения результатов с ожидаемой точностью и стабильностью для обоснования плановых организационно-административных решений по созданию устойчивого процесса жизнеобеспечения на рассматриваемой территории.

В результате исследования разработана математическая модель, объединяющая индивидуальные и общественные изменения состояния здоровья населения в едином территориально-временном пространстве. Эти изменения состояния здоровья отражают условия окружающей среды места пребывания и проживания населения, особенности выполняемой ими работы, воздействия окружающей среды (масштабные катастрофы, инфекции, пандемии, профессиональная вредность) и другие показатели для жизнеобеспечения и жизнедеятельности.

Ключевые слова: эпидемиология, демографический процесс, математическое моделирование

Введение

Известно, что эпидемиология, рассматриваемая как наука (исследование) о распространении изучаемого среди населения процесса воздействия на человека, объеди-

няет по форме все эпидемические и демографические процессы и связанные с ними изменения индивидуального состояния здоровья конкретных лиц и общественных реакций на эти изменения в пределах тер-

риториально-временного пространства. На подобные изменения состояния здоровья оказывают влияние социальные процессы с проявлениями временного запаздывания общественных реакций под воздействием внутренних и внешних факторов. Сочетание количества конкретных лиц с измененным состоянием здоровья и объёма общественных реакций на эти изменения обычно проявляются скачкообразно в виде очаговости, локальности и эпизодичности. В данной работе рассмотрен вариант этих скачкообразных изменений и представлен способ устранения таких скачков с позиций обобщающих функций с использованием далее функции Дирака [1]. Это и направлено на решение проблемы более плавного взаимодействия показателей здоровья популяции и тех ответных общественных реакций, которые ориентированы на массовое устранение отмеченных скачков.

Состояние здоровья человека изменчиво во времени вообще, а особенно от воздействий различных внешних факторов и условий, которые в свою очередь далеко не всегда зависят от желания и возможности человека. В таких случаях состояние здоровья человека может меняться, например, от производственных, социально-бытовых, санитарно-медицинских и других условий и, особенно, при возникновении различных непредвиденных обстоятельств, в частности, при чрезвычайных и экстремальных ситуациях. В простейшем варианте это может быть просто миграционный процесс, исходя из условий обитания человека на территории, которая ему покажется более подходящей для дальнейшего пребывания с учетом состояния своего здоровья, либо, например, движение большого количества командировочных лиц, участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Изменения общественного здоровья на рассматриваемой территории могут быть охарактеризованы такими процессами как эмиграция и иммиграция, так и возникновением и исчезновением заболеваний, вызванных различными условиями на терри-

тории пребывания соответствующих групп населения. Поэтому проблемы вынужденных переселенцев в описанных условиях по существу демонстрируют процессы возникновения, развития и исчезновения явлений, отражающих эпидемические процессы как миграционные и демографические, которые могут быть рассмотрены во временном пространстве для одновременно протекающих характерных событий, а именно:

- индивидуальное поведение каждого человека, контролирующего или заботящегося о состоянии своего здоровья, в том числе с помощью профильно-профессиональных общественных служб с соответствующими изменениями (увеличением или уменьшением) общего количества таких людей на рассматриваемой территории, например, как при инфекционных заболеваниях (грипп, туберкулез, COVID-19 и т.д.), так и неинфекционных заболеваниях (болезни, вызванные воздействием ионизирующего излучения, профзаболевания, сердечно-сосудистые, аллергические и т.д.) с учётом территориальных особенностей;
- общественное поведение в виде профильно-профессионального реагирования общественных и специальных служб охраны и обеспечения здоровья человека, обычно активизирующихся с запаздыванием в ответ на события среди всего населения на рассматриваемой территории.

Эти характерные события, как показано в работе [2], исходя из причинного подхода заболеваемости, предложенного В.А. Башениным [3], используют как местно-территориальный резервов общественных мероприятий для оказания профильной медицинской помощи при развитии эпидемического (патологического) процесса. При этом возникает потребность использовать внешние дополнительные резервы (ограниченно-временная помощь), которые практически всегда обеспечиваются дополнительными силами, средствами, материалами и исполнителями. Причем исполнители мо-

гут быть целевого или профессионального, а также демографического или миграционного назначения. В этом случае все варианты объёмов, сроков, профильности и специфичности помощи вполне могут быть запланированы, рассчитаны и откорректированы по результатам работы кадровых возможностей профильных медицинских служб уже проведенного первого этапа, как показано в той же работе [2].

Аналогичное использование так называемых «активных» и «пассивных» вариантов дополнительной внешней помощи предусмотрено и в дальнейшем развитии эпидемического (патологического) процесса соответствующей медицинской направленности.

В этом случае следует понимать «активность» и «пассивность» варианта процесса в виде соответственно возрастания (увеличения интенсивности) или снижения (уменьшения интенсивности) в развитии эпидемического (патологического) процесса с позиций нагрузки на общественное здравоохранение задействованного территориально-временного пространства.

При этом целесообразно учесть специфичность рассматриваемого профессионального профиля эпидемиологического (патологического) процесса на данной территории. Кроме того, вся профильность оказываемой внешней дополнительной помощи может быть согласована с вариантами сочетающихся профилей совместных заболеваний на фоне так называемой коморбидности и ее особенностей.

Аналогичные события перемещения населения могут возникать при проведении олимпиад, форумов, крупных (масштабных) других явлений, когда требуется планировать работу по обеспечению жизнедеятельности населения, оказавшегося на территории влияния соответствующих ситуаций. Все перечисленные варианты приводят к разной степени дестабилизации демографических характеристик как на рассматриваемых, так и смежных территориях (откуда или куда) перемещения соответствующих масс населения. Так, например, по состоянию на начало 2016 г. неоднород-

ность перемещаемых масс населения зарегистрирована территориальными органами России: беженцев – 770 человек как лиц, получивших временное убежище в России, а также 313 707 иностранных граждан, среди которых подавляющее большинство составили граждане Украины [4].

Подобные перемещения населения вне зависимости от причин можно рассматривать как массовые мероприятия, когда по определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) их представляют как «мероприятия, количество зрителей или участников которых достаточно велико для того, чтобы подвергнуть серьезно испытанию механизмы планирования и реагирования соответствующего сообщества, государства или народа» [5].

Особенно приходится учитывать тот факт, что масштабные массовые мероприятия (подобно как при аварии на Чернобыльской АЭС) и сравнимые процессы радиационной эпидемиологии собирают людей с различных территорий. Возникающие угрозы здоровью людей, обусловленные природными явлениями и связанные с потенциальными несчастными случаями, равно как и с целенаправленными действиями, включая, но не ограничиваясь рисками, вызванными инфекционными заболеваниями, необходимо брать под контроль уже на этапе планирования мер, применяемых системой общественного здравоохранения [6].

При этом на демографические характеристики масс населения вне зависимости от направления происходящих процессов существенно влияет работа всех территориальных служб регионов, связанных с вопросами медицинской помощи для обеспечения здоровья людей, задействованных в этих перемещениях. Прежде всего эти службы должны обеспечивать перемещаемые массы людей питанием, местами проживания, транспортом, различными видами занятий, социальными и хозяйственными потребностями на этой территории, а также вопросами медицинского обеспечения (диагностикой и лечением их здоровья) и т.д.

Цель данной *работы* – разработать математическую модель, объединяющую индивидуальные и общественные изменения состояния здоровья населения в едином территориально-временном пространстве.

Материал и методы исследования

Материалом послужили характеристики индивидуальных и общественных показателей и их объединенных изменений в системе оказания медицинской помощи по поддержанию состояния здоровья конкретных лиц, отражающие его колебания в территориально-временном пространстве. Эти объединения изменений проявляются скачкообразно с учетом отклонений в состоянии здоровья населения. Такие изменения можно представить в виде колебаний объема общественных реакций на конкретные отклонения скачков с позиции понимания обобщающих функций с использованием далее функций типа Дирака. Скачкообразность представляется в виде кусочно-непрерывных периодов, что обеспечивает возможность планирования потенциальных общественных мероприятий, связанных с объемом миграции населения и других исследуемых изменений состояния здоровья.

Результаты исследования

Обобщение индивидуальных и общественных характеристик происходящих процессов в едином территориально-временном пространстве

Представленный подход рассмотрения эпидемиологии с учетом любых чрезвычайных и экстремальных ситуаций на конкретной территории (производственные катастрофы, землетрясения, обвалы, разрушения и другие подобные явления) с одной стороны, а также проблема вынужденных переселенцев и карантинного контингента в современном мире и административно-правовой статус беженцев как в России, так и за рубежом с другой стороны, особенно актуальны в последнее время [7]. В то же время массовые перемещения от-

дельных групп населения, рабочего, детского и другого контингента или других временных изменений среди состава населения в частных проявлениях демографических процессов вполне можно планировать с определенной точностью.

Такое сочетание, по существу, представляет обобщенную модель двух характеристик (индивидуальную и общественную) поведения людей на рассматриваемой территории в едином территориально-временном пространстве. Например, влияния изменений на состояние здоровья населения в условиях распространения заболеваний (эпидемиология) при неинфекционных заболеваниях (инсульт, инфаркт и др.) отражают эпидемиологию неинфекционных заболеваний, а при инфекционных заболеваниях (корь, скарлатина, паратиф и др.) – эпидемиологию инфекционных заболеваний.

В настоящее время подобные вопросы на каждой административной территории решаются по мере их возникновения и в объеме, решаемом без оперативно работающих служб для конкретной территории. Описанные характеристики эпидемических и демографических процессов во многом совпадают:

- во-первых, по увеличению или уменьшению общего количества здорового и заболевшего населения на рассматриваемой территории;
- во-вторых, по реакции профильно-профессиональных служб: реагирования практически всегда происходят с определенным запаздыванием и зависят от изменений структуры и состава населения;
- в-третьих, по необходимости перестраивать все службы социально-бытового, хозяйственно-снабженческого, санитарно-медицинского обеспечения и изменять режим работы других служб, расположенных на этой территории;
- в-четвертых, по обобщению индивидуальных и общественных характеристик происходящих процессов в едином территориально-временном пространстве, которое может быть представлено в виде

модели изменения демографической ситуации на рассматриваемой территории подобно описанной в работе [8], то их можно математически представить моделью, объединяющей индивидуальные и общественные изменения состояния здоровья населения в едином территориально-временном пространстве.

Подобные совпадения этих характеристик во многом высвечивают процесс, который принято называть эпидемическим, а именно:

- уменьшение или увеличение общего количества населения, связанного с нарушением здоровья (инфекционного или неинфекционного, в т. ч. при ионизирующем воздействии);
- запаздывание реакции профильно-профессиональных служб проявления реагирования зависит от объёмов и структуры состава населения на соответствующей территории;
- изменение режима работы других служб, расположенных на этой территории;
- сочетание эпидемиологических и демографических процессов также может быть представлено в виде подобной модели, подробно описанной в работе [9].

Таким образом, обобщение характеристик: а) индивидуального состояния здоровья человека в разных условиях воздействия (инфекционного или неинфекционного, в том числе, радиационного), отражающих многие варианты состояния его здоровья, и б) общественных проявлений процессов, происходящих в виде изменений реакций многих профильно-профессиональных служб обеспечения условий жизнеспособности и жизнедеятельности населения. Эти реакции обычно происходят с запаздыванием в ответ на изменения индивидуальных характеристик состояния здоровья человека и во всех формах проявления соответствуют одинаковым алгоритмам исследования при разных ситуациях, что явилось основанием для модельного математического представления обобщений выше указанных характеристик по воздействию на здоровье.

Математическое представление влияния сочетанных характеристик на состояние здоровья населения

В этом случае подобную ситуацию описываемых сочетанных характеристик на рассматриваемой территории можно представить в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянным запаздыванием [9]

$$\frac{dx}{dt} = G(t, x, x(t - \tau)) \quad (1)$$

с начальным условием при $t \in [t^0 - \tau, t^0]$, тогда

$$x(t) = \varphi(t), \quad (2)$$

для которых будет выполнением условия существования и единственности решения при всех $t > t^0$.

Где dx/dt – дифференциал изменения скорости процесса (эпидемиология, миграция, демография, помощь); G – коэффициент соотношения левой и правой части уравнения; x – величина процесса, t – время процесса, t^0 – время начала отсчёта процесса, τ – величина постоянного запаздывания (врача, помощи, транспорта), φ – эквивалент величины процесса.

Как отмечено в указанной работе, решение системы (1) – (2) непрерывно при $t \geq t^0$ и сглаживается с течением времени, а в точках $t_k = t^0 + k\tau$ ($k=0,1,2,3, \dots$) произвольные решения $x^{(i)}(t) = \frac{d^i(x)}{dt^i}$ ($i=0,1,2,3, \dots$), имеют разрывы первого рода

$$\Delta x_k^{(i)} = x^{(i)}(t_k + 0) - x^{(i)}(t_k - 0) \quad (3)$$

где Δx – разница между смежными величинами процесса, t – время рассматриваемого процесса.

Если рассматривать решение системы процесса (1) – (2) $x(t)$ как кусочно-гладкую функцию с позиций обобщающих функций [9], то, как показано в работе [1], можно применять «гладкий» аппарат в задачах с недостаточной гладкостью входящих компонентов (колебаний).

Исходя из изложенного примем, что функция $f(t)$ кусочно-непрерывная дифференцируемая в (a, b) и где точки $\{t_k\}$, $k = \overline{1, N}$,

в которых она или её производная претерпевают разрывы первого рода (рисунок 1).

На рисунке представлены отдельные графические участки алгоритма модельного математического описания обобщений выше указанных характеристик по воздействию на здоровье для каждой отдельной частной ситуации кусочно-гладкими участками, а для нескольких последовательных ситуаций в виде кусочно-непрерывных участков. При этом процесс математического представления претерпевает разрывы первого рода между каждой смежной формой с проявлением этих изменений.

Более того, смена участков описанных изменений наиболее ярко проявляется при исследовании миграционной ситуации как наиболее четко фиксируемая картина с короткими формами изменений участков, в основном характеризующих миграционные процессы (приток и отток) населения на соответствующей территории.

Наиболее удлиненные формы изменений участков более характерны для их проявления по сравнению с естественными демографическими процессами при эпидемиологических ситуациях, которые отличаются увеличенным продолжением фазы изменений для некоторых инфекционных и, особенно, радиационных воздействий на человека.

Остальные факторы воздействия на продолжительность формы проявления изменений демографических ситуаций занимают промежуточные состояния. Эти соотношения являются основными для математического описания влияния рассматриваемых сочетанных процессов на состояние здоровья населения и тем самым раскрывают весь диапазон перечисленных форм изменений от демографических до эпидемиологических на конкретной территории.

Основной результат исследования приведенной функции в виде участков, представленных на рисунке, был сформулирован и описан в работе [10].

Менее строго доказательство подобного результата было опубликовано в более ранней работе [11]. Исходя из изложенного удается найти или установить соответ-

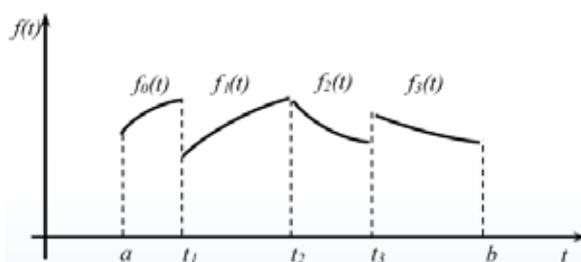


Рисунок 1 – Функция сочетанных характеристик по воздействию на состояние здоровья населения по предлагаемой математической модели

ствие между кусочно-гладкой функцией $f(t)$ и гладкой функцией $u(t)$. В этом случае можно использовать $u(t)$ вместо $f(t)$ в тех задачах, когда необходима достаточная гладкость используемой функции, а после этого учитывая, что $f(t) = u(t) + g(t)$ получать результаты и оценивать $f(t)$, т.е. применять гладкий аппарат для кусочно-гладких функций. Здесь особенно принципиально, что функция $g(t)$ задается явно и легко вычисляется!

Моделирование планирования потенциальных мероприятий на примере миграционных процессов

Изложенное нами математическое описание эпидемического процесса построено в виде обобщения интерполяционного полинома как и в работе [11] в форме Лагранжа по узлам $\{t_{(i)}\}$, где $i = \overline{0, m}$; $m = n - 1$; $n = y - 1$ причем

$$a \leq t_0 < t_1 < \dots < t_m = b \quad \text{и} \\ \{t_{(i)}\} \cap \{t_{(k)}\} \neq \emptyset (k = \overline{1, N}), \quad (4)$$

где a и b – начало и конец рассматриваемого процесса.

$$f(t) = \sum_{i=0}^m c_i(t) [f(t_{(i)}) - g(t_{(i)})] + g(t) + R(t), \quad (5)$$

где $f(t)$ – функция от времени рассматриваемого процесса, c_i – коэффициенты рассматриваемого процесса.

Здесь $c_i(t)$ – соответствующие коэффициенты Лагранжа, $R(t)$ – ошибка интерполяции, равная

$$R(t) = \omega_m(t) \left[f_{(m)}^{(n)}(T) - \sum_{k=1}^n \theta(t - t_k) \Delta f_k^{(n)} \right] / n!, \quad (6)$$

где $\omega_n(t) = \prod_{i=0}^n (t - t_{(i)})$, а T – период рассматриваемого процесса – принадлежит наименьшему интервалу, содержащему точки t и $\{t_{(i)}\}$, где $i = \overline{0, m}$

На этом этапе моделирование планирования потенциальных мероприятий, связанных с миграционным процессом, можно было бы закончить, но наличие разрывов первого рода, т.е. изменения перемещения населения в отдельные моменты времени на противоположные, рассматриваемые как приток и отток или математически воспринимаемые действиями с разными знаками (плюс и минус), причем с неопределенным интервалом между ними, требует учета длительности этих интервалов.

В этих условиях аппроксимация решения $x(t)$ порядка L (длительность разрыва процесса), основанная, например, на разложении в ряд Тейлора, предполагает существование непрерывных производных $x^i(t)$ до порядка $L+1$ включительно при всех $t \geq t^0$, в том числе и в точках t_k ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$). Отсюда, использование классических разностных схем к системам запаздывания приводит к потере порядка аппроксимации и, следовательно, отражается как на математическом, так и биологическом понимании рассматриваемых процессов.

Как отмечено выше, такой подход возможен, если кусочно-гладкую функцию рассматривать с точки зрения теории обобщенных функций [9].

Используем исходные доказательства построения функции $g(t)$ [11] и строим доказательство построения [12]. Получаем, что функция $u(t) = x(t) - g(t)$ при решении задачи (1), (2) сводится к системе

$$\frac{dy}{dt} = G(t; u + q, u(t - \tau) + g(t - \tau)) - g'_{кл}(t) = W(t, u, u(t - \tau)) \quad (7)$$

с начальной функцией при $t \in [t^0 - \tau, t^0]$ $u(t) = \varphi(t)$,

где g – поправочная величина запаздывания процесса, u – линейная функция процесса, q – кусочно-линейная функция процесса, W – поправочный коэффициент.

При решении этой системы относительно $u(t)$ получаем результат с достаточной гладкостью и потому появляется возможность применить классические методы порядка аппроксимации L . Теперь, зная $u(t)$, легко восстановить решение $x(t)$ системы (1), (2) с тем же порядком аппроксимации, поскольку функция $g(t)$ задана точно. Отсюда в связи со сглаживанием решения систем с запаздыванием с течением времени количество точек разрывов t_k , входящих в функцию $g(t)$, можно ограничить $k = \overline{0, L}$. А учитывая, что точки разрыва отражают моменты изменения как минимум изменений знака массового потока населения, можно выбирать интервалы частоты смены потока по фактическим показателям миграционных контрольных процессов.

Как уже отмечено, в работе [11] приведены примеры для схем Адамса, демонстрирующие учет разрыва производных процесса рассматриваемых потоков.

Практика анализа обобщенного ряда Тейлора подтверждает, что схемы с учетом разрывов содержат сведения только о производных решения справа и автоматически настраивают процесс счета на их вычисление. И потому полученные решения в точке, лежащей за точкой разрыва, не приводят к потере аппроксимации, что невозможно в схемах без учета разрывов. В ряде ситуаций это становится принципиальным, а именно, когда события после изменения потока миграции на противоположный знак ведут к значительным влияниям в изменениях организационно-административного управления. Для этой ситуации, т.е. когда величины разрывов заранее неизвестны, то сведения о производных справа (после разрывов) можно определить, используя решения, сформулированные для схем Рунге-Кутты [13].

Поскольку эти решения с соответствующими вкладками можно найти в ряде работ по использованию схем Рунге-Кутты, то для задач медико-биологического направления удобно воспользоваться работой [12], где показано, что зная решение в точке $t = t_r$, можно построить линейную систему отно-

сительно величин разрывов для нужного количества значений h . Приступая к решению этой системы необходимо учитывать сведения о согласованном решении, поскольку часть значений разрывов может оказаться равной нулю, т.е. разрывы могут иметь заметную продолжительность.

Контрольная проверка расчетов проведенного моделирования

Контрольная проверка расчетов по приведенным в тексте формулам изменений соотношений индивидуального здоровья по уровню числа обращений в территориальные медицинские учреждения и по объему вызовов скорой помощи на примере подмосковного населенного пункта (60 тыс. человек) в осенний период времени за каждый день в течение четырех недель составила колебания: первая неделя – от 8 обращений до 11 на один вызов скорой помощи, вторая неделя – от 9 до 15 к 1, третья неделя – от 14 до 7 к 1, четвертая – от 13 до 9 к 1. Результаты контрольной проверки расчетов проведенного моделирования представлены на рисунке 2.

Полученные результаты соответствуют ожидаемой точности и стабильности и отвечают практической востребованности, отражающей конкретную организационно-административную картину принятия решения по исходным данным при планируемых или потенциально-возможных текущих ситуациях, характерных для рассматриваемой территории.

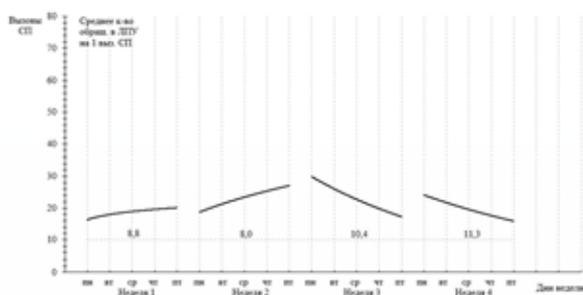


Рисунок 2 – Функция сочетанных характеристик по воздействию на состояние здоровья населения по контрольной проверке расчетов проведенного моделирования

Особенно выделяется быстрота и точность расчетных характеристик контролируемой ежедневной миграции населения на рассматриваемой территории (в контроле было заложено до 10000 человек в день). Но возможны некоторые трудности сбора информации для определения удельных влияний при вычислении таких потребностей, как объем ежедневной медицинской помощи и особенно ее профильности, вопросов структуры и объемов потребляемых отдельных продуктов питания, а также прогнозирования ряда мероприятий санитарно-технических работ (называемых в настоящее время «услугами»). Более того, «контрольный» пример раскрыл возможность расчета подобных потребностей для ситуации использования резервов медицинских служб на рассматриваемой территории.

На соотношение указанных событий (индивидуальное и общественное поведение человека) оказывает влияние возможность получения медицинской помощи жителя вне данного населенного пункта, что может влиять на указанные соотношения контрольного примера.

Возможность проведения подобных расчетов подтверждена полученным Свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ [14].

Область возможного применения описанной модели

Предлагаемая модель может быть применена для прогнозирования медико-санитарных мероприятий при изменениях показателей здоровья населения и миграционных процессов (на примере катастрофы на Чернобыльской АЭС) и их сочетаний, а также для закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО) и, кроме того, территорий расположения радиационно и ядерноопасных предприятий и производств ГК «Росатом», обслуживаемых учреждениями здравоохранения ФМБА России.

Так же предложенная модель может быть использована для применения в соответствующих ситуациях как при стабиль-

ном состоянии характеристик здоровья организма, так и при их изменениях, в частности, с позиций ситуации работы «биологических часов» человека и наличия страданий при отдельных заболеваниях [15].

Потребности в таких расчётах могут возникнуть при массовой миграции населения в условиях наводнений, землетрясений, технологических катастроф, а также при планируемых по времени широкомасштабных мероприятий типа олимпийских игр, международных чемпионатов и других массовых перемещений населения.

Заключение

В соответствии с поставленной целью разработана математическая модель, отражающая воздействия различных факторов и условий на состояние здоровья человека и обобщающая эпидемиологические характеристики известных форм проявления демографических процессов. Таким образом, эпидемиологический процесс как форма влияния комплексов многих факторов, а именно, масштабные катастрофы, инфекции, внешнее воздействие, связанное с перемещением массы населения (миграция), а также существенные изменения условий жизнеобеспечения и жизнедеятельности, различного рода профвредности, влияние новых инфекций (Covid 19), изменения условий внешней среды (уровень радиоактивного фона и др.) влияют на характеристики демографических процессов соответствующего территориально-временного пространства.

Выводы

- Разработанная математическая модель отражает воздействие различных внешних факторов на состояние здоровья человека и обобщает медико-статистические характеристики и формы проявления демографических процессов в объеме территориально-временного пространства.
- Алгоритм предлагаемой математической модели раскрывает функцию соче-

танных характеристик по воздействию на состояние здоровья населения.

Библиографический список

1. Марчук, Г.И. Математические модели в иммунологии / Г.И. Марчук; Вычисл. методы и эксперименты. Изд. 3. М.: Наука. – 1991. – 299 с.
2. Эпидемиология в современном понимании / В.П. Невзоров [и др.] // «Психология. Спорт. Здравоохранение: сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции». – Санкт-Петербург. – 2021. – С. 25-30. DOI 10.37539/PSM295.2021.32.16.001
3. Башенин, В.А. Общая эпидемиология / В.А. Башенин – Ленинград: Медгиз, 1958.
4. Булатов Р.Б. О проблемах российского законодательства в сфере правовой защиты вынужденных мигрантов / Р.Б. Булатов, С.Ю. Андрейцо // Конституционное и муниципальное право. – 2016. – № 9. – С. 35-38.
5. Public health for mass gatherings: Key considerations: Geneva: World Health Organization; 2015. (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/162109/1/WHO_HSE_GCR_2015.5_eng.pdf?ua=1&ua=1, accessed 11 August 2020).
6. Hosting of mass gathering events during the 2013-2016 Ebola virus outbreak in West Africa: experience from three African countries / L. Blumberg [et al.] // Int J Infect Dis. – 2016. – Vol. 47. – P. 38-41 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971216310955#>, accessed 12 August 2020).
7. Катаева, О.В. Проблема вынужденной миграции в современном мире и административно-правовой статус беженцев в Российской Федерации / О.В. Катаева, И.Н. Озеров // Вестник ВГУ. – 2018. – № 1(32). – С. 84-89.
8. Эльсгольц, Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом / Л.Э. Эльсгольц, С.Б. Норкин; М.: Наука. – 1971. – 296 с.
9. Владимиров, В.С. Обобщающие функции в математической физике / В.С. Владимиров; М.: Наука. – 1979. – 320 с.
10. Belykh, L.N. Chronic forms of a disease and their treatment according to mathematical immune response models / L.N. Belykh, G.I. Marchuk // Modeling and Optimization of Complex System. – 2005. – Vol. 18. – P. 79-86; doi:10.1007/bfb0004153.
11. Горбунов, А.Д. О методах типа Адамса приближенного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений с запаздыванием / А.Д. Горбунов, В.Н. Попов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1964. – № 4. – С. 135-148.
12. Belykh, L.N. On the computation methods in disease models / L.N. Belykh // Mathematical Modeling in Immunology and Medicine. North-Holland, Amsterdam-New York-Oxford, 1983. – P. 79-84.

13. Wright, W.M. Explicit general linear methods with inherent Runge-Kutta stability / W.M. Wright // Numer. Algorithms. – 2012. – Vol. 31. – P. 381-399.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019662133 «Оценка изменений (колебаний) состояния здоровья человека» (дата государственной регистрации в

Реестре программ для ЭВМ 17 сентября 2019).

15. Невзоров, В.П. Диагностика метаболического синдрома / В.П. Невзоров // Республиканская научно-практическая конференция с международным участием: «Метаболический синдром и другие категории дисметаболизма». – Ташкент, – 2018. – 80 с.

V.P. Nevzorov, T.M. Bulanova, V.V. Pyrvu

MATHEMATICAL MODEL OF CHANGE OF A STATE OF HEALTH OF THE POPULATION AND DEMOGRAPHY IN UNIFORM TERRITORIAL AND TIME SPACE

To develop mathematical model of change of a state of health of the population and demography in uniform territorial and time space.

As material characteristics of individual and public indicators and the joint their changes in system of delivery of health care on maintenance of the state of health of particular persons reflecting it fluctuations served. Irregularity is presented in the form of the piecewise and continuous periods that provides a possibility of planning of the potential public actions connected with the volume of population shift and other studied changes of a state of health.

The model of representation of epidemiology as one of forms of manifestation of demographic process and option of mathematical check of a possibility of modeling of the described process with the transition to linear system concerning the gaps occurring at the considered spasmodic changes corresponding in observed processes is the basis for a technique.

The new mathematical model reflecting development of change of a state of health of the population is offered it is similar to manifestation of demographic and migratory processes.

A control inspection of calculations on a concrete example of the area situated near Moscow with the population of 60 thousand people is carried out. She confirmed a possibility of receiving results with the expected accuracy and stability for justification of planned organizational and administrative decisions on creation of steady process of life support in the considered territory.

The mathematical model uniting individual and public changes of a state of health of the population with reflection of conditions of environment of the place of stay and accommodation of the population, feature of the work performed by them, influences of environment (large-scale accidents, infections, pandemics, professional harm) and other indicators for life support and activity of this population is developed.

Key words: *epidemiology, demographic process, mathematical modeling*

Поступила 27.07.21