

**А. Д. КУБЕГЕНОВА^{1*}, К. Т. ИСКАКОВ², Е. С. КУБЕГЕНОВ³,
О. И. КРИВОРОТЬКО⁴**

¹«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті»
КеАҚ, Орал қ.

²Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

³«Махамбет Өтемісов атындағы Батыс- Қазақстан университеті» КеАҚ, Орал қ.

⁴«Новосібір мемлекеттік университеті» Ресей, Новосібір қ.

ЭПИДЕМИЯ КЕЗІНДЕГІ СЫРҚАТТАНУШЫЛЫҚ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ МОДЕЛІН ҚҰРУ

Мақалада Қазақстан аумағындағы адамның иммун тапшылығы вирусының (АИТВ) таралуын бақылау жөніндегі шаралардың тиімділігі, әдістері және математикалық модельдер қарастырылған. АИТВ инфекциясымен сырқаттанушылықтың 10 жылдық кезеңінің деректер алынып, халықтың аурушаңдығы бойынша Statistica қолданбалы бағдарламалар пакетінің көмегімен таралу графигі құрылып талдау жасалды. Халықтың әлеуметтік бейімделуін ескере отырып, АИТВ-ның таралу моделі қарастырылып, ықтималдық моделін схемасы құрылып, ықтималдық дифференциалдық теңдеулер жүйесі пайдаланылды. АИТВ-инфекциясымен күрес стратегиясының қазіргі бағыты көбінесе математикалық модельдердің көмегімен АИТВ-инфекциясының эпидемиологиялық жағдайын бағалаудың ғылыми негізделген жүйесімен анықталған, олар эпидемиологиялық процестің заңдылықтарын үлкен сенімділікпен анықтай алады, аурудың күтілетін деңгейін болжауға болады. Қазіргі уақытта ғалымдардың бағалауы бойынша болжаудың, модельдеудің шамамен 150-ге жуық әртүрлі әдістері бар, бірақ іс жүзінде әдістің 15-20 түрі ең көп қолданылады. Көбінде қолданылатын әдістердің бірі сараптамалық бағалау, экстраполяция, математикалық модельдеу, аралас болжамдар болып келеді. Қазіргі таңда АИТВ-инфекциясының проблемасы ең маңыздыларының бірі болып табылады Қазақстан АИТВ-инфекциясының таралуын тежеу жөніндегі қадамдарды дәйекті түрде іске асыруда. АИТВ-инфекциясымен күрес мәселелері Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау саласын дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасына енгізілген.

Түйін сөздер: математикалық модель, таралу моделі, гетерогенді популяция, ықтималдық модель, Statistica.

Кіріспе. Халықтың денсаулығын сақтау және нығайту әлеуметтік маңызды – экономикалық проблемалардың бірі болып келеді және де оның ажырамас бөлігі жұқпалы аурулардың азаюы болып табылады. Бұл мәселені шешуде алдын алу шаралары басты рөл атқарады. Аурудың таралуының болжамды динамикасы тиісті қарсы шараларды әзірлеуге және қолдануға, материалдық және адами ресурстарды дұрыс пайдалануды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Қарастырылып отырған саладағы болжамның ақпараттық негізі тиісті құрылымдар үнемі алатын статистикалық мәліметтер болып табылады. Эпидемияны зерттеуде математикалық әдістерді қолданудың басталуы XVII ғасырдың ортасында байқалған, аурулардың таралуын модельдеу қиындықтары туындаған. Осы уақыт ішінде ау-

* E-mail корреспондирующего автора: aigul-03@mail.ru

руларды модельдеу әдістері бірнеше рет жетілдірілді, зерттелетін процестердің ерекшеліктерін көрсететін модельдердің нұсқалары пайда болды.

Алайда, қойылған мәселе әлі толық шешілген жоқ деген қорытынды жасауға болмайды. Эпидемияны жеңілдету және оны қадағалау үшін эпидемияның сапалы және қолайлы математикалық модельдерін зерттеу маңызды болып келеді. Қазіргі уақытта математикалық модельдеу саласындағы жетістіктердің арқасында бұл жүзеге асырылатын міндет болып табылады. Адамзат тарихында бүкіл әлемде көптеген адамдардың өміріне әкелетін індеттер аз емес. Індет кезінде көптеген халық қаза тапты. Сондықтан профилактикалық іс-шараларды орындаудың маңыздылығы мен қажеттілігі даусыз екенің ескеруге болады. Бұрынғы уақытта шектеу жөніндегі іс-шаралар жұқпалы аурулардың таралуын ең әдеттегі әдістер – оқшаулау және карантин, жеке гигиенаны жақсарту, дезинфекциялау құралдарын қолдану, адамдардың көп шоғырлануын қалыптастырмау әрекеттерін жүргізді.

Қазақстан Республикасының бүкіл аумағы үшін вирустық инфекциялармен байланысты қоғамдық денсаулық сақтау саласында төтенше жағдайлардың туындау қаупі бар. Бұл қауіптің ауқымы жергілікті прецеденттердің пайда болу ықтималдығымен анықталады инфекциялар мен оларды эндемиялық аумақтардан әкелу ҚР-ның әртүрлі субъектілері үшін де, субъектілердің әрқайсысының жеке оқшауланған муниципалды аудандары үшін де бірдей емес.

Профилактикалық іс-шаралар - халықтың медициналық-әлеуметтік бастамашылығын қалыптастыруға және салауатты өмір салтына ынталандыруға бағытталған денсаулық сақтау жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі. Жеке гигиена мен дұрыс тамақтану ережелеріне негізделген инфекциялардың алдын алу мәселелері ежелгі әлем медицинасында маңызды орын алды. Алайда, профилактиканың ғылыми тұжырымдамаларын жаңғырту тек XIX ғасырда басталды физиология, санитария және эпидемиологияның жеке мәселелерімен айналысатын жалпы биологиялық ғылымдардың, жалпы медицина ғылымының дамуына және оның көптеген пәндерінің пайда болуына байланысты.

Денсаулық жағдайына, аурудың қауіп факторларының пайда болуына немесе айқын патологияға байланысты алдын-алудың үш түрін зерттеуге болады:

1. Бастапқы профилактика-аурулардың пайда болуы мен қалыптасуының алдын алу шараларының схемасы (дезинсекция, дератизация, вакцинация, еңбек және демалыс режимі, сапалы тамақтану, дене белсенділігі, қоршаған ортаны қорғау және т.б.). Бастапқы профилактика іс-шараларының тізбесі мемлекет ауқымында қамтамасыз етілуі мүмкін.

2. Қайталама профилактика – белгілі бір жағдайларда (стресс, иммунитеттің төмендеуі, ағзаға артық жүктеме) аурулардың қалыптасуына әкелуі мүмкін, айқын тәуекел факторларының алдын алуға бағытталған іс-әрекеттер кешені. Бұл динамикалық тағам, бағытталған емдеу, біртіндеп сауықтыру.

3. Кейбір сарапшылар бұл терминді үшінші профилактика қалыпты өмір сүру қабілетін жоғалтқан науқастарды оңалту шараларының жиынтығы ретінде ұсынады. Үшінші профилактика әлеуметтік (өзінің әлеуметтік жарамдылығына деген сенімділікті арттыру), еңбек (еңбек дағдыларын қалпына келтіру ықтималдығы), психологиялық (коммуникативтік белсенділікті қалпына келтіру) және медициналық

(ағза органдары мен жүйелерінің функцияларын қалпына келтіру) оналту міндеттерін шешеді.

Қазіргі әлемде аурудың таралуын болдырмаудың екі негізгі әдісі бар:

1. Иммунопрофилактика.
2. «Денсаулық» бағдарламасы.

Иммунопрофилактика – бұл адам ағзасында иммунитеттің пайда болуымен тікелей байланысты вирустық аурулардың алдын-алу түрі (иммунизация арқылы белгілі бір вирусқа қарсы иммунитет және жұқпалы аурулардың нақты иммунопрофилактикасы деп аталады.

"Денсаулық" бағдарламасы салауатты өмір салтын, жеке гигиенаны насихаттауды қамтиды. Жұмыс, оқу орындарында радио, телехабарлар, дәрістер, семинарлар, курстар, қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау жөніндегі іс-шараларды өткізу жолымен аурулардың әртүрлі түрлерін жұқтыру мүмкіндігі жағдайында адамның мінез-құлқы саласында ағартады. Сондықтан вирустық аурулардың алдын алу тек медициналық шаралармен мүмкін емес екені анық болып келеді. Туындаған мәселені шешуге әртүрлі ғылыми және практикалық бағыттағы сарапшылардың көмегінің қажеттілігі анықталады. [1]

АИТВ-инфекциясының проблемасы ең маңыздыларының бірі болып табылады Қазақстан АИТВ-инфекциясының таралуын тежеу жөніндегі қадамдарды дәйекті түрде іске асыруда. АИТВ-инфекциясымен күрес мәселелері Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау саласын дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасына енгізілген. Қазақстан Республикасының Үкіметі АҚТК/ЖҚТБ-ға қарсы күрес және алдын алу бағдарламалары мен емдеуге жалпыға бірдей қол жеткізуді қамтамасыз ету жөніндегі іс-шараларға мемлекеттік бюджеттен бөлінетін қаржы қаражатын ұлғайту жөнінде жоспарлы шаралар қабылдауда. Қазақстан Республикасы "2030 жылға қарай ЖҚТБ індетін тоқтатуға қол жеткізу үшін жеделдету" жаһандық стратегиясының мақсаттарына және 90-90-90 мақсаттарына қол жеткізуге қосыла отырып, АИТВ инфекциясының алдын алу мен емдеу саласындағы жаһандық мақсаттарға қол жеткізуге белсенді қатысады. [2]

Зерттеу мақсаты. Зерттеудің мақсаты Қазақстан аумағындағы адамның им-мун тапшылығы вирусының (АИТВ) таралуын бақылау жөніндегі шаралардың тиімділігін бағалау, әдістерін әзірлеу, бағалау моделін құру болып табылады. АИТВ-инфекциясының таралу деңгейі бойынша аймақтық айырмашылықтар, халықтың әлеуметтік бейімделуінің сипаттамасы ретінде алкоголь мен есірткіге тәуелділіктің таралуындағы айырмашылықтармен тығыз байланысты. АИТВ жұқтыру қаупі жоғары топтардың қалыптасуына осы процестердің әсерін есепке алу, эпидемия ауқымы бойынша Қазақстан республикасының аймақтарының, айырмашылықтарын және қарсы іс-қимыл шараларының тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Жұмыста процестердің өзара әрекеттесу моделі қарастырылған. Гетерогенді популяцияда АИТВ-ның әлеуметтік бейімделуі және таралуы және Қазақстан аймақтарының мәліметтері бойынша осы модельдің параметрлерін анықтау болып келеді.

Қазақстан республикасының аумағында АИТВ-ның таралуындағы осы құбылыстың ерекшеліктерін түсіндіру үшін бұл жұмыста вирустың таралу процестерін

ғана емес, сонымен қатар инфекцияның әр түрлі ықтималдығы бар топтардың эпидемия кезіндегі сырқаттанушылық деңгейінің қалыптасуын сипаттайтын модель қарстыру.

Материал және әдістер. Бүгінгі таңда түйін сөз ретінде «Математикалық модель, АИТВ / ЖИТС» тақырыбында көптеген жұмыстар қол жетімді, зерттеудің әртүрлі әдістері мен мақсаттары әсерлі және белсенді түрде толықтырылуда. Жұмыстарды хронологиялық тәртіпте орналастыра отырып, осы саланың дамуы бір уақытта бірнеше бағытта жүргенін анықтауға болады.

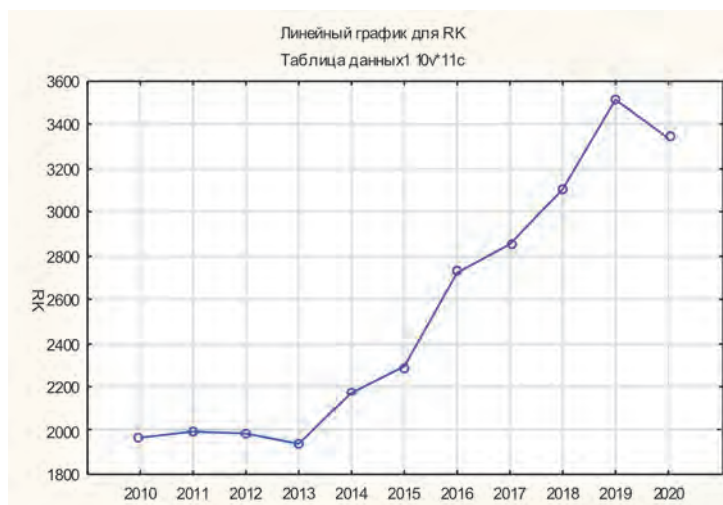
Үш негізгі міндетті: бір организмдегі патогенезді зерттеу, эпидемиялық жағдайдың дамуын болжау, экономика мен әлеуметтік саладағы салдарды болжау.

Соңғы мәселені шешу, басқару шешімдерін қабылдаудағы маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Әдетте, салдарын болжау үшін мамандар қолданыстағы экономикалық-демографиялық модельдерді АИТВ / ЖИТС эпидемиясының әсерін сараптамалық бағалаумен түзетуге жүгінеді. Бұл бағыт Денисов пен Сакевичтің жұмысында қарастырылған. [3]

АИТВ-инфекциясының патогенезін модельдеу міндеті бір организм вирустың иесімен өзара әрекеттесуінің биологиялық процестерін зерттеуге бағытталған. Бұл бағыттағы алғашқы жұмыстар эпидемиологиялық модельдерден кейін пайда болды (1990 ж.), өйткені вирус ашылған кезде зерттеушілер алғашқы статистикалық мәліметтерге ие болды жаңа аурудың жиілігі мен таралуы және инфекциялық агенттің қасиеттерін зерттеу үшін белгілі бір уақыт қажет етті. [4]

Имунологиялық модельдер арқылы зерттелетін негізгі сұрақтар: АИТВ-инфекциясының табиғи ағымы, терапияның рөлі және адамның иммун тапшылығы вирусына қарсы вакцинаны іздеу. Имунологиялық модельдердің пайда болуы мен дамуы негізінен Перелсон мен Нельсонның [5], Новак пен Мэйдің [6], Снедекордың [7] және басқа да бірқатар зерттеушілердің еңбектерімен байланысты. Вирустың эпидемиологиялық динамикасының алғашқы үлгілері 1983 жылы пайда болды. Эпидемиологиялық модельдер негізгі міндет ретінде популяцияда АИТВ-инфекциясының таралуының негізгі эпидемиялық көрсеткіштерін болжауды қамтиды. математика және статистика әдістерін пайдалана отырып, АИТВ-инфекциясының таралуына әлеуметтік-экономикалық, демографиялық, медициналық факторлардың өзара байланысын зерттеді. Бұл жұмыс бағыты әртүрлі зерттеу әдістері мен бағыттарымен ерекшеленеді. Қазақстанның ғалымдары Балабаевпен, Сапарбеков (2013ж.) математика және статистика әдістерін пайдалана отырып, АИТВ-инфекциясының таралуына әлеуметтік-экономикалық, демографиялық, медициналық факторлардың өзара байланысын зерттеді. Республиканың 16-ты өңірі бойынша Қазақстан халқының АИТВ-ға эпидемиологиялық скринингінің 10 жылдық ресми нәтижесімен, бинарлық логистикалық регрессия әдісін қолданып, [8] Қазақстандағы АИТВ індетін жұқтырудың предикторларын зерттеу үшін, математикалық модель құрып зерттеу жасады.

Нәтижелер мен талқылау. Зерттеу объектісі ретінде Қазақстан Республикасы халқының денсаулығы және денсаулық сақтау ұйымдарының 2020 жылғы қызметі бойынша статистикалық жинақтан АИТВ инфекциясымен сырқаттанушылықтың 10 жылдық кезеңінің (2010-2020 жж.) деректері алынды. [9]



Сурет 1 – Қазақстан Республикасының сырқаттанушылардың АИТВ-инфекциясының таралу графигі 2010-2020 жж.

2010-2020 жылдар аралығы бойынша жиынтық деректерін ескере отырып, Қазақстан халқының АИТВ-инфекциясының (пациенттердің және тасымалдаушылардың саны) сырқаттанушылардың таралу графигі Statistica қолданбалы бағдарламасы арқылы құрылды. (1 сурет).[10-11]

Көлденең АИТВ ауруын жұқтырған, зерттеу жылдары берілген, координатаның тігінен - АИТВ жұқтырғандардың абсолюттік саны келтірілген. (100 000 адам шаққанда)

Бұл графикте сырқаттанушылардың 2010-2013 жылдары тұрақтылықты көрсетеді. Ал 2013 жылдан соң ырақтанушылардың екі есе көбейіп нашарлағаның байқаймыз.

2019 жылы зерттеудің алғашқы жылдарымен салыстырғанда халықтың ауруы бірнеше есеге артқаны және де 2020 жылға қарай аурудың аздап төмендегені байқалады.

Себебі короновирустық инфекция пандемиясының алғашқы жылдары болатын, сондықтан ақпарат жинау жүйесінің нашарлануымен және өлім түріндегі салдары деп білеміз. Зерттей келе байқағанымыз АИТВ-жұқпасымен сырқаттанушылықтың көпжылдық серпінін бағалау кезінде 2013-2019 жылдары аса жылдам көтерілу және 2019-2020 жылдар аралығында төмендеу анықталады. Тігінен берілген жолында 1,3% – ға дейін төмендеуі бұл тенденция абсолютті дегенді білдірмейді, өйткені онда ауытқу бар – нәтиже жақсарғанымен біртіндеп нашарлағаның байқаймыз. АИТВ-жұқтырғандардың сырқаттанушылық деңгейі бойынша графикті талдау негізінде үш топқа бөлуге болады:

2010-2013 ж. орташа көтерілу жылдары;

2013-2019 ж. жоғары көтерілу жылдары;

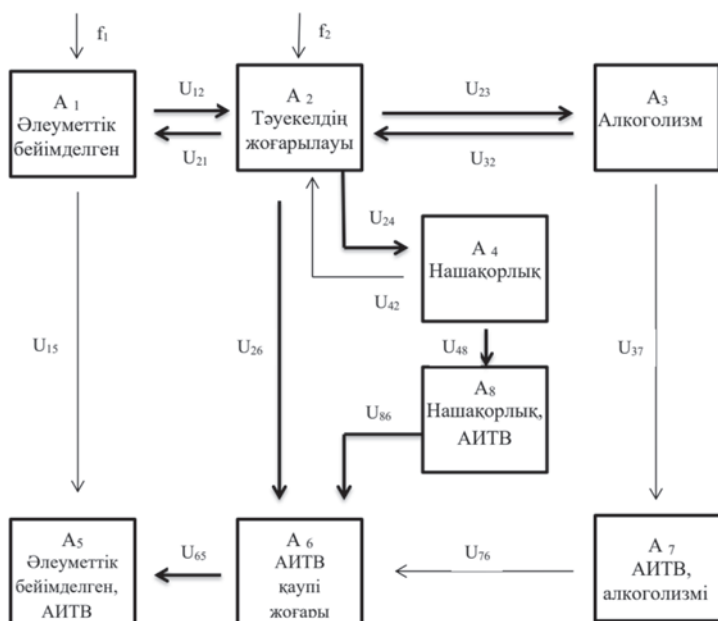
2019-2020ж. құлдырау жылдары 2014,2016,2018 ж. аралық жылдар.

Халықтың әлеуметтік бейімделуін ескере отырып, АИТВ-ның таралу моделін қрастырайық. Кейбір аймақтың халқы әлеуметтік бейімделу дәрежесімен, сондай-

ақ АИТВ-инфекциясының болуымен немесе болмауымен ерекшеленетін сегіз жеке топқа бөлінеді.[12-13]

Жеке тұлғалардың келесі топтары ерекшеленеді:

- A1 - әлеуметтік бейімделген, АИТВ-ға сезімтал;
- A2 - патологияның даму қаупі жоғары сезімтал;
- A3 - созылмалы алкоголизммен сезімтал;
- A4 - есірткіге тәуелділігі бар сезімтал;
- A5 - әлеуметтік бейімделген, АИТВ жұқтырған;
- A6 - патологияның даму қаупі жоғары жұқтырғандар;
- A7 - созылмалы алкоголизммен ауыратындар;
- A8 - есірткіге тәуелділігі бар жұқтырғандар



Сурет 2 – АИТВ-ның ықтималдық моделінің схемасы

Ықтималдық дифференциалдық теңдеулер жүйесі төменде көрсетілгендей

$$x_1(t) = \hat{x}_1(t) - u_{12}(t) - u_{15}(t) + u_{21}(t) + f_1(t), \quad (1)$$

$$x_2(t) = \hat{x}_2(t) - u_{21}(t) - u_{23}(t) - u_{24}(t) - u_{26}(t) + u_{12}(t) + u_{32}(t) + u_{42}(t) + f_2(t), \quad (2)$$

$$x_3(t) = \hat{x}_3(t) - u_{32}(t) - u_{37}(t) + u_{23}, \quad (3)$$

$$x_4(t) = \hat{x}_4(t) - u_{42}(t) - u_{48}(t) + u_{24}(t), \quad (4)$$

$$x_5(t) = \hat{x}_5(t) + u_{15}(t) + u_{65}(t), \quad (5)$$

$$x_6(t) = \hat{x}_6(t) - u_{65}(t) + u_{26}(t) + u_{76}(t) + u_{86}(t), \quad (6)$$

$$x_7(t) = \hat{x}_7(t) - u_{76}(t) + u_{37}(t), \quad (7)$$

$$x_8(t) = \hat{x}_8(t) - u_{86}(t) + u_{48}(t), \quad (8)$$

$$x_i(0) = x_i^{(0)}, i = 1, 2, \dots, T, \quad (9)$$

Мұндағы x_i – A_i тобының жеке тұлғаларының саны, $t = 0, 1, 2, \dots$ уақыт нүктесінде.

$f_i \geq 0, i = 1, 2, \dots$ терминдері уақыт аралығындағы тиісті топтарға халықтың ағынын көрсетеді және $(t-1; t)$ бұрын берілген ықтималдық сипаттамалары бар, кездейсоқ процестерді белгілейді.

$\hat{x}_i(t)$ кездейсоқ шамалар A_i тобының жеке тұлғаларының санын білдіреді, $t-1$ уақыт сәтінен t уақыт сәтіне дейін аман қалғандарын, $u_{ik}(t)$ кездейсоқ шамалар $(t-1; t)$ уақыт аралығында A_i тобынан A_k тобына ауысатын адамдардың санын сипаттайды. A_1, \dots, A_4 тобындағы жаңадан жұқтырғандар саны, әр уақыт аралығындағы олар ұқсас түрде орнатылады (шамасы $u_{15}(t), u_{26}(t), u_{37}(t), u_{48}(t)$). [14, 15, 16]

Қорытынды. Бұл жұмыста Қазақстанда АИТВ-инфекциясын бақылау, мәселелердің шешу жолдары қаралып әдістері әзірленіп, модельдер құрылды. Зерттеу кезінде әдебиеттерге шолу жасалды, сондай-ақ деректер талдалып тәуекел топтарындағы инфекциялық динамикасы, сыртқы әсерлер нәтижесінде топтар санының өзгеру жағдайлары аталып бағалау моделі құрылды.

Ықтималдық модель мен ықтималдық дифференциалдық теңдеулер жүйесі ұсынылды, өзара байланысы бар инфекцияның таралу жағдайы мен және әлеуметтік бейімделу екі процесі қарастырылды. Ұсынылған модель гетерогенді популяцияда жыныстық жолмен берілетін инфекциялардың таралуының, дәстүрлі үлгілеріне қарағанда жалпы топтар класына жататыны анықталды.

Зерттеу барысында республиканың аумағында эпидемия кезіндегі сырқаттанушылардың АИТВ-ның инфекциясының таралуындағы вирустың таралу процестері, инфекцияның әр түрлі ықтималдығы бар топтардың деңгейінің қалыптасуын сипаттайтын бағалау модель қарастырылды.

Зерттеудің нәтижелері төмендегі көрсеткіштерді береді:

1. Халықтың әлеуметтік бейімделмеуі нәтижесінде АИТВ-инфекциясымен сырқаттанушылықты қалыптастыру механизмі нақтыланып құбылыстардың байланысының сандық сипаттамалары анықталды.

2. Statistica қолданбалы бағдарламасының көмегімен сырқаттанушылыққа жүргізілген талдау АИТВ жұқтырғандардың күрт өсуін және сырқаттанушылықтың тұрақты үрдісін анықтауға мүмкіндік берді;

3. Вирустың таралу процестерінің, инфекцияның әр түрлі ықтималдығы бар топтардың эпидемия кезіндегі сырқаттанушылық деңгейінің қалыптасуын сипаттайтын моделінің дұрыстығын көрсетті.

ӘДЕБИЕТ

1 Романюха А.А., Носова Е.А. Модель распространения ВИЧ-инфекции в результате социальной дезадаптации // Управление большими системами, 2011. Выпуск 34. М.: ИПУ РАН. С. 227–253.

2 Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 декабря 2019 года №982. Государственная программа развития здравоохранения Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы

3 Денисов Б. П., Сакевич В. И. Прогноз возможных демографических последствий эпидемии ВИЧ/СПИДа в РФ // Демография – 2004 – №5 – С. 149-160.

4 Liu, M., Qu, M. & Zhao, B. (2017). Research and Citation Analysis of Data Mining Technology Based on Bayes Algorithm. *Mobile NetwAppl* 22, 418–426 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11036-016-0797-2>

5 Nelson G. W., Perelson A. S. A mechanism of immune escape by slow-replicating HIV strains // *JAIDS* – 1992 – 5 – P. 82-93.

6 Nowak M. A., May R. M. Mathematical biology of HIV infections: antigenic variation and diversity threshold // *Math. Biosci.* – 1991 – 106 – P. 1-21.

7 Snedecor S. J. Comparison of three kinetic models of HIV-1 implications for optimization of treatment // *J. Theor. Biol.* - 2003 – 221 – P. 519-541.

8 SNEDECOR S. J. Comparison of three kinetic models of HIV-1 implications for optimization of treatment // *J. Theor. Biol.* - 2003 – 221 – P. 519-541.

9 Статистический сборник. Здоровье населения Республики Казахстан и деятельность организаций здравоохранения в 2020 году. <https://amanbol.kz/news/vich-v-kazahstane-dannye/> <https://masa.media/ru/site/>

10 Kubegenova A. D., Takuadina A. I., Krivorot'ko O. I., Nurusheva ZH. T.. (2022) Batys Kazakstan oblysyndaғы AITV-infekciyasynың epidemiologiyalyқ zhardajyn bolzhaudaғы intellektualdy taldaу tekhnologiyasy. ҚР Ұлттық инзхенерлік академиясының habarshysy.2022zh..№3(85) Str.28-42 <https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.174>

11 Kubegenova, A.D., Zhakhiena, A.G., Baigubanova, S.K., Utyasheva, G.S., Omarov, A.N.(2022). Clustering and data mining on the example of hiv-infected people data (2022) *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100 (13), pp. 5010-5018.

12 Karach A.S., Romaniukha A.A., Modern approaches to the analysis and prediction of public health using mathematical models. *Mathematical methods of forecasting*. 2014, No. 1, pp.38-47.

13 S. Kabanikhin, O. Krivorotko and D. Yermolenko, «A parameter identification problem for the mathematical model of HIV dynamics,» 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Novosibirsk, 2017, pp. 82-86, doi: 10.1109/SIBIRCON.2017.8109842.

14 Xinyi Wang. The Role of Data Mining Technology in Advertising Marketing. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1744 042202, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1744/4/042202

15 Kabanikhin S., Krivorotko O., Takuadina A., Andornaya D., Zhang. Sh. Geo-information system of tuberculosis spread based on inversion and prediction. *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*, 2021, vol. 29, no. 1, pp. 65-79, doi.org/10.1515/jiip-2020-0022.

16 May R., Anderson R.M. Transmission dynamics of HIV infection. *Nature*, 1987, vol. 326, pp. 137–142 doi:10.1038/326137A0

17 Roeger L.V., Feng Z., Castillo-Chaves.C. Modelling TB and HIV Co-infections. *Mathematical biosciences and engineering*, 2009, vol.6, no.4, pp.815-837, doi:10.3934/mbe.2009.6.815

18 Banks H.Th., Kabanikhin. S.I., Krivorotko O.I., Yermolenko D.V., A numerical algorithm for constructing an individual mathematical model of HIV dynamics at cellular level. [*Journal of Inverse and ILL-Posed Problems*]. 2018, no.26(6). Pp.859-873.

19 Bouchnita A., Bocharov G., Meyerhans A., Volpert V. Towards a multiscale model of acute HIV infection. *Computation*, 2017, vol.5, no.1(6). pp.1-22, doi:10.3390/5010006

20 Omondi. E.O., A mathematical modelling study of HIV infection in two heterosexual age groups in Kenya. *Infectious Disease Modelling*, 2019, Vol. 4, pp. 83-98, doi:10.1016/j.idm.2019.04.003.

REFERENCES

1 Romaniukha A.A., Nosova E.A. A model of the spread of HIV infection as a result of social maladaptation // *Management of large systems*, 2011. Issue 34. Moscow: IPU RAS. pp. 227-253.

2 Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 26, 2019 No. 982. State program of healthcare development of the Republic of Kazakhstan for 2020 – 2025

3 Denisov B. P., Sakevich V. I. Forecast of possible demographic consequences of the HIV epidemic/AIDS in the Russian Federation // *Demography* – 2004 – No. 5 – pp. 149-160.

4 Liu, M., Qu, M. & Zhao, B.(2017). Research and Citation Analysis of Data Mining Technology Based on Bayes Algorithm. *Mobile NetwAppl* 22, 418–426 (2017).<https://doi.org/10.1007/s11036-016-0797-2>

5 Nelson G. W., Perelson A. S. A mechanism of immune escape by slow-replicating HIV strains // *JAIDS* – 1992 – 5 – P. 82-93.

6 Nowak M. A., May R. M. Mathematical biology of HIV infections: antigenic variation and diversity threshold // *Math. Biosci.* – 1991 – 106 – P. 1-21.

7 Snedecor S. J. Comparison of three kinetic models of HIV-1 implications for optimization of treatment // *J. Theor. Biol.* - 2003 – 221 – P. 519-541.

8 Snedecor S. J. Comparison of three kinetic models of HIV-1 implications for optimization of treatment // *J. Theor. Biol.* - 2003 – 221 – P. 519-541.

9 Statistical collection. The health of the population of the Republic of Kazakhstan and the activities of healthcare organizations in 2020. <https://amanbol.kz/news/vich-v-kazahstane-dannye/>
<https://masa.media/ru/site/>

10 Kubegenova A. D., Takuadina A. I., Krivorot'ko O. I., Nurusheva ZH. T.. (2022) Batys Qazaqstan oblysyndary AITV-infekciyasynıń epidemiologiyalyq zhardajyn bolzhaudary intellektualdy taldau tekhnologiyasy. KR Ұлттық инженерлік академиясының habarshysy.2022zh..№3(85) Str.28-42 <https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.174>

11 Kubegenova, A.D., Zhakhiena, A.G., Baigubenova, S.K., Utyasheva, G.S., Omarov, A.N.(2022). Clustering and data mining on the example of hiv-infected people data (2022) *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100 (13), pp. 5010-5018.

12 Karach A.S., Romaniukha A.A., Modern approaches to the analysis and prediction of public health using mathematical models. *Mathematical methods of forecasting*. 2014, No. 1, pp.38-47.

13 S. Kabanikhin, O. Krivorotko and D. Yermolenko, «A parameter identification problem for the mathematical model of HIV dynamics,» 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Novosibirsk, 2017, pp. 82-86, doi: 10.1109/SIBIRCON.2017.8109842.

14 Xinyi Wang. The Role of Data Mining Technology in Advertising Marketing. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1744 042202, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1744/4/042202

15 Kabanikhin S., Krivorotko O., Takuadina A., Andornaya D., Zhang. Sh. Geo-information system of tuberculosis spread based on inversion and prediction. *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*, 2021, vol. 29, no. 1, pp. 65-79, doi.org/10.1515/jiip-2020-0022.

16 May R., Anderson R.M. Transmission dynamics of HIV infection. *Nature*, 1987, vol. 326, pp. 137–142 doi:10.1038/326137A0

17 Roeger L.V., Feng Z., Castillo-Chaves.C. Modelling TB and HIV Co-infections. *Mathematical biosciences and engineering*, 2009, vol.6, no.4, pp.815-837, doi:10.3934/mbe.2009.6.815

18 Banks H.Th.,Kabanikhin. S.I.,Krivorotko O.I, Yermolenko D.V., A numerical algorithm for constructing an individual mathematical model of HIV dynamics at cellular level. [Journal of Inverse and ILL-Posed Problems]. 2018, no.26(6). Pp.859-873.

19 Bouchnita A., Bocharov G., Meyerhans A., Volpert V. Towards a multiscale model of acute HIV infection. Computation, 2017, vol.5, no.1(6). pp.1-22, doi:10.3390/5010006

20 Omondi. E.O., A mathematical modelling study of HIV infection in two heterosexual age groups in Kenya. Infectious Disease Modelling, 2019, vol. 4, pp. 83-98, doi:10.1016/j.idm.2019.04.003.

**А. Д. КУБЕГЕНОВА^{1*}, К. Т. ИСКАКОВ², Е. С. КУБЕГЕНОВ³,
О. И. КРИВОРОТЬКО⁴**

¹ НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана» г. Уральск, Казахстан

² «Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева» г. Астана, Казахстан

³ НАО «Западно - Казахстанский университет имени Махамбета Утемисова» г. Уральск, Казахстан

⁴ «Новосибирский государственный университет» г. Новосибирск, Россия

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ВО ВРЕМЯ ЭПИДЕМИИ

В статье рассмотрена эффективность методов математические модели и контроля за распространением вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) на территории Казахстана. Получены данные за 10-летний период заболеваемости ВИЧ-инфекцией, создан и проанализирован график распространения по заболеваемости населения с помощью пакета прикладных программ Statistica. Рассмотрена модель распространения ВИЧ с учетом социальной адаптации населения, построена схема вероятностной модели и использована система вероятностных дифференциальных уравнений. Современное направление стратегии борьбы с ВИЧ-инфекцией во многом определено научно обоснованной системой оценки эпидемиологического состояния ВИЧ-инфекции с помощью математических моделей, которые с большой уверенностью могут определять закономерности эпидемиологического процесса, прогнозировать ожидаемый уровень заболеваемости. В настоящее время, по оценкам ученых, существует около 150 различных методов прогнозирования, но на практике наиболее часто используются 15-20 типов этих методов. Одним из методов, используемых в большинстве, являются экспертная оценка, экстраполяция, математическое моделирование, смешанные прогнозы. На сегодняшний день проблема ВИЧ-инфекции является одной из важнейших в Казахстане, последовательно реализуются шаги по сдерживанию распространения ВИЧ-инфекции. Проблемы борьбы с ВИЧ-инфекцией включены в государственную программу развития здравоохранения Республики Казахстан на 2020-2025 годы.

Ключевые слова: математическая модель, модель распределения, гетерогенная популяция, вероятностная модель, Statistica.

**А. Д. KUBEGENOVA^{1*}, К. Т. ISKAKOV²,
Е. С. KUBEGENOV³, О. И. KRIVOROTKO⁴**

¹Non-profit JSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan» Uralsk, Kazakhstan

²«L.N.Gumilyov Eurasian National University», Astana, Kazakhstan

³ Non-profit JSC "Makhambet Utemisov West Kazakhstan University" Uralsk, Kazakhstan

⁴ « Novosibirsk State University », Novosibirsk, Russia

BUILDING A MODEL AND ASSESSING THE LEVEL OF MORBIDITY DURING THE EPIDEMIC

The article considers the effectiveness of methods of mathematical models and control over the spread of human immunodeficiency virus (HIV) in Kazakhstan. Data were obtained for a 10-year period of the incidence of HIV infection, a distribution schedule for the morbidity of the population was created and analyzed using the Statistica application software package. A model of HIV spread is considered taking into account the social adaptation of the population, a scheme of a probabilistic model is constructed and a system of probabilistic differential equations is used. The current direction of the strategy for combating HIV infection is largely determined by a scientifically based system for assessing the epidemiological state of HIV infection using mathematical models that can determine the patterns of the epidemiological process with great confidence and predict the expected level of morbidity. Currently, according to scientists, there are about 150 different forecasting methods, but in practice 15-20 types of these methods are most often used. One of the methods used in the majority are expert assessment, extrapolation, mathematical modeling, mixed forecasts. To date, the problem of HIV infection is one of the most important Kazakhstan consistently implements steps to curb the spread of HIV infection. The problems of combating HIV infection are included in the state program of healthcare development of the Republic of Kazakhstan for 2020-2025.

Key words: *mathematical model, distribution model, heterogeneous population, probabilistic model, Statistica.*