

Використання математичного моделювання в епідеміологічному нагляді за гострими кишковими інфекціями

For cite: Aktual'naâ Infektologiâ. 2019;7(1):6-12. doi: 10.22141/2312-413x.7.1.2019.159222

Резюме. *Актуальність.* Гострі кишкові інфекції є актуальними для багатьох країн світу. Міграційні процеси, міжнародний туризм та інші фактори призвели до зміни значущості окремих джерел інфекції, шляхів передачі збудника, етіологічної структури. **Мета.** На підставі вивчення динаміки захворюваності, факторів ризику запропонувати нові способи удосконалення епідеміологічного нагляду за гострими кишковими інфекціями. **Матеріали та методи.** Досліджено динаміку захворюваності на шигельоз, сальмонельоз, діареєгенні ешерихіози, демографічну статистику та показники санітарно-гігієнічного моніторингу за період 2001–2017 рр. у Сумській області. Застосовані епідеміологічний та статистичний методи дослідження, багатофакторний аналіз. **Результати.** Встановлено, що у досліджуваному періоді показники інцидентності на шигельоз зменшилися з 42,3 до 0,5 на 100 тисяч населення; на сальмонельоз зросли з 13,0 до 17,7; на діареєгенні ешерихіози варіювали на рівні 3,70–2,20. Під час статистичного аналізу за допомогою пакета прикладних програм Statistica встановлено: залежність захворюваності від впливу факторів ризику (чисельність і щільність населення; природний і міграційний рух населення; поширеність хвороб органів травлення); частоту виявлення: носіїв патогенних ентеробактерій, нестандартних зразків води, м'яса і м'ясопродуктів, молока і молокопродуктів, цукру і кондитерських виробів, яєць; виділення санітарно-показової мікрофлори з обладнання та рук працівників у закладах громадського харчування, на харчових підприємствах, підприємствах із виробництва кондитерських виробів із кремом, молокозаводах. **Висновки.** Використання математичного моделювання у системі епідеміологічного нагляду за гострими кишковими інфекціями дозволить спрогнозувати захворюваність і визначити пріоритетні фактори ризику.

Ключові слова: епідеміологічний нагляд; фактори ризику; прогноз; шигельоз; сальмонельоз; діареєгенні ешерихіози

Вступ

Гострі кишкові інфекції (ГКІ) є актуальними для багатьох країн світу, особливо із середнім і низьким рівнем доходу [3, 5, 8, 11]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі реєструють 1,7 млрд випадків захворювання на діарейні інфекції [6]. Поліпшення якості питної води та санітарно-гігієнічних умов проживання сприяло незначному зниженню захворюваності на ГКІ [12]. Однак міграційні процеси, міжнародний туризм, зростання ролі громадського харчування та інші фактори призвели до зміни значущості окремих джерел інфекції, шляхів передачі збудника, етіологічної структури ГКІ [13–15].

Отже, назріла необхідність удосконалення системи епідеміологічного нагляду за ГКІ, встановлення впли-

ву соціальних факторів, визначення детермінант, які визначають тенденції розвитку епідемічного процесу на сучасному етапі.

Мета роботи: на підставі вивчення динаміки захворюваності на ГКІ у Сумській області, провісників і передумов ускладнення епідемічної ситуації удосконалити епідеміологічний нагляд за ГКІ в Україні.

Матеріали та методи

Досліджено динаміку захворюваності на ГКІ, демографічні показники та показники санітарно-гігієнічного моніторингу за період 2001–2017 рр. у Сумській області. Використано: офіційну звітну документацію ГУ Держсанепідслужби у Сумській області (звітні форми № 1 та 2), демографічні статистичні дані управ-

ління статистики у Сумській області, матеріали ДУ «Сумський обласний лабораторний центр МОЗ України». Застосовано: епідеміологічний метод дослідження — для аналізу динаміки та визначення тенденцій захворюваності на ГКІ; багатофакторний аналіз — для визначення умов та причин ускладнення перебігу епідемічного процесу ГКІ.

Статистична обробка результатів дослідження проводилася за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2010, Statistica.

Результати та обговорення

За динамікою захворюваності на ГКІ, що спричиняються класичними кишковими патогенами, було встановлено, що у період 2001–2017 рр. показники інцидентності на шигельоз зменшилися з 42,3 до 0,5 на 100 тис. населення; на сальмонельоз зросли з 13,0 до 17,7 на 100 тис. населення; на діареєгенні ешерихіози варіювали у межах 3,70–2,20 на 100 тис. населення (рис. 1).

Тобто функціонуюча протягом багатьох років в Україні система епідеміологічного нагляду за гострими кишковими інфекціями виявилася ефективною щодо шигельозу, показники захворюваності на який у Сумській області знизилися у 2017 р. порівняно з 2001 р. майже у 85 разів. Дещо інша ситуація спостерігалася відносно зооантропонозу — сальмонельозу. Медіана захворюваності на сальмонельоз дорівнювала 16,4 на 100 тис. населення, при цьому спостерігалася помірна тенденція до зростання інцидентності ($T_{\text{пр.сер.}} = +2,3\%$). Епідемічний процес щодо діареєгенних ешерихіозів характеризувався періодичними підйомами та знижен-

нями захворюваності (рівні інцидентності варіювали від 1,7 до 7,5 на 100 тис. населення).

Для встановлення факторів, що можуть сприяти активізації епідемічного процесу ГКІ, внаслідок його прихованого компонента були проаналізовані дані щодо частоти виявлення носіїв патогенних ентеробактерій серед «декретованих» осіб; матеріали санітарно-гігієнічного моніторингу за продуктами харчування, питною водою та епідеміологічно значущими об'єктами; демографічні показники; поширеність хвороб органів травлення у населення Сумської області.

Сумщина розташована у північно-східній частині України. У досліджуваних роках чисельність населення області зменшилася з 1317,8 тис. осіб у 2001 р. до 1104,5 у 2017 р., щільність населення — з 55,3 осіб на 1 км² до 46,3 осіб на 1 км², природний рух населення — з -11,1 % до -8,6 %, міграційний рух — з -5,2 % до -0,7 %, водночас поширеність хвороб органів травлення зросла з 13 004,00 до 17 124,89 на 100 тис. населення (табл. 1).

Загальновідомо, що джерелом інфекції може бути як хворий, так і носій збудників ГКІ. Ситуація з виявленням носіїв патогенних ентеробактерій серед персоналу харчових підприємств, закладів громадського харчування, дитячих дошкільних закладів складалася так: у досліджуваних роках частота ізоляції шигел і сальмонел знизилася відповідно з 146,5 та 20,7 на 100 тис. обстежених у 2001 р. до 0 у 2017 р. (рис. 2).

Частота виділення ентеропатогенних кишкових паличок від осіб, обстежених із профілактичною метою, зменшилася у 27 разів — із 671,3 на 100 тис. обстежених

Таблиця 1. Демографічні показники та поширеність хвороб органів травлення у Сумській області в 2001–2017 рр.

Рік	Передумови ускладнення ЕП ГКІ				
	Чисельність населення (тис. осіб)	Природний рух населення (%)	Міграційний рух населення (%)	Щільність населення (осіб на 1 км ²)	Поширеність хвороб органів травлення
2001	1317,8	-11,1	-5,2	55,3	13 004,0
2002	1299,7	-11,1	-3,4	54,5	12 604,4
2003	1279,9	-11,4	-3,8	53,7	13 592,18
2004	1261,7	-11,5	-3,4	52,9	13 911,38
2005	1243,9	-12,1	-2,7	52,2	13 986,79
2006	1226,3	-10,1	-2,6	51,5	13 892,42
2007	1211,4	-10,2	-2,3	50,8	14 361,59
2008	1196,8	-9,6	-1,3	50,2	14 554,99
2009	1184,0	-8,9	-1,2	49,7	14 860,45
2010	1172,3	-8,4	-1,0	49,2	15 074,2
2011	1161,5	-7,2	-0,8	48,7	15 336,67
2012	1152,3	-6,9	-1,2	48,3	15 778,15
2013	1143,2	-7,7	-1,5	47,9	16 256,51
2014	1133,0	-8,0	-0,4	47,5	16 390,32
2015	1123,0	-9,3	-0,9	47,1	16 616,9
2016	1113,3	-8,9	1,04	46,7	16 742,42
2017	1104,5	-8,6	-0,7	46,3	17 124,89

у 2001 р. до 24,9 — у 2017 р. Отже, спостерігається різке зменшення виявлення носіїв шигел, сальмонел та ентеропатогенних кишкових паличок.

В Україні з метою оцінки санітарної надійності об'єктів підвищеного епідеміологічного ризику санітарно-бактеріологічному дослідженню підлягають: харчова сировина, готові страви, кулінарні вироби, відібрані у закладах громадського харчування, на харчових підприємствах. У 2001–2017 рр. частота виявлення нестандартних зразків води знаходилася у діапазоні 2,4–8,1 %, м'яса і м'ясопродуктів — 0,9–5,2 %, молока і молокопродуктів — 1,1–4,3 %, цукру і кондитерських виробів — 0–5,6 %, яєць — 0–4,2 % (рис. 3).

Частота виявлення нестандартних зразків, птиці та птахопродуктів становила у 2001 р. — 3,2 %, 2008 р. — 2,8 %, 2009 р. — 16,2 %, 2010 р. — 14,9 %, 2011 р. — 13,5 %, 2012 р. — 10,1 %, 2013 р. — 7,5 %, 2014 р. — 5,1 %, 2015 р. — 11,7 %, 2016 та 2017 рр. — 1,9 та 9,5 % відповідно. У 2002–2007 рр. нестандартних зразків птиці та птахопродуктів виявлено не було.

Так, кожного року в області при проведенні санітарно-гігієнічного моніторингу виявляються продукти харчування, що не відповідають за санітарно-мікробіологічними показниками вимогам санітарного зако-

нодавства. Найчастіше виявляли нестандартні проби птиці та птахопродуктів.

Санітарно-бактеріологічний контроль методом змивів є додатковим контролем за санітарним станом підприємств, що застосовується при обстеженні вищезазначених об'єктів і дає можливість оцінити їх стан. Частка позитивних змивів (виділення санітарно-показової мікрофлори) на молокозаводах варіювала від 0 до 1,6 %, у закладах громадського харчування — від 0,7 до 4,7 %, на харчових підприємствах і підприємствах з виробництва кондитерських виробів із кремом, відповідно, від 0,7 до 3,4 % та 0,1 до 1,03 % (рис. 4).

При статистичному аналізі даних за допомогою пакета прикладних програм Statistica встановлено залежність захворюваності від впливу факторів ризику. Дана залежність може бути формалізована у вигляді лінійного багатofакторного регресійного рівняння (1).

$$Y = a_0 + a_1 \cdot CH + a_2 \cdot PR + a_3 \cdot MR + a_4 \cdot SHN + a_5 \cdot PHOT + a_6 \cdot CI + a_7 \cdot ZPVCV + a_8 \cdot ZM + a_9 \cdot ZP + a_{10} \cdot ZMOL + a_{11} \cdot ZCKV + a_{12} \cdot ZY + a_{13} \cdot ZHP + a_{14} \cdot ZZGH + a_{15} \cdot ZPVKVK, \quad (1)$$

де CH — чисельність населення; PR — показник природного руху населення; MR — показник міграційного

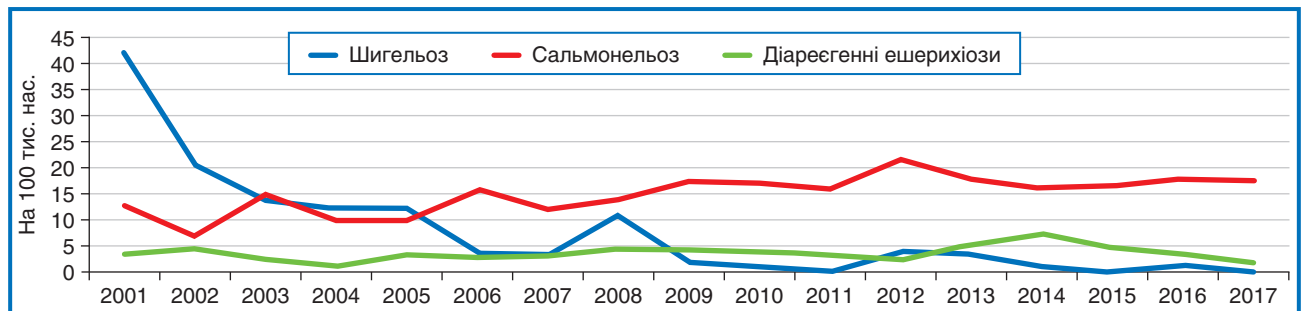


Рисунок 1. Захворюваність на шигельоз, сальмонельоз, діареєгенні ешерихіози у Сумській області у 2001–2017 рр.

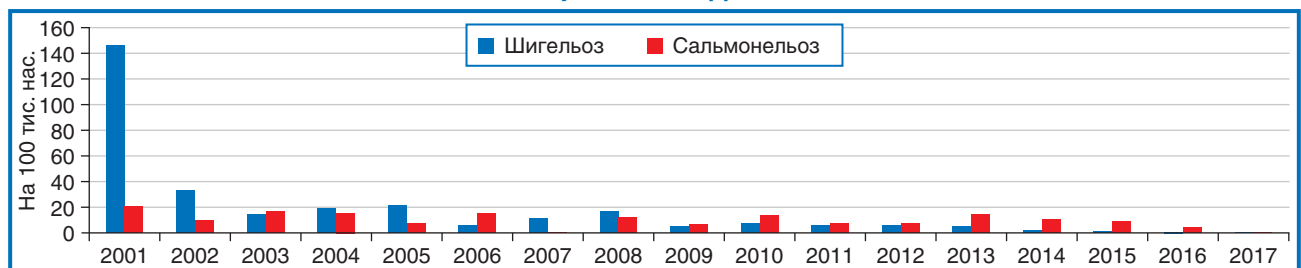


Рисунок 2. Частота виявлення носіїв шигел, сальмонел (на 100 тис. обстежених) у Сумській області у 2001–2017 рр.

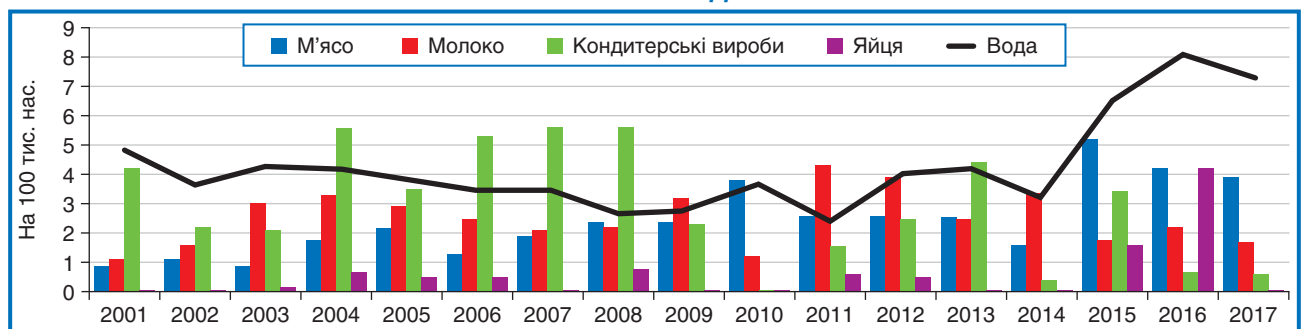


Рисунок 3. Частота виявлення нестандартних проб продуктів харчування у Сумській області (%) у 2001–2017 рр.

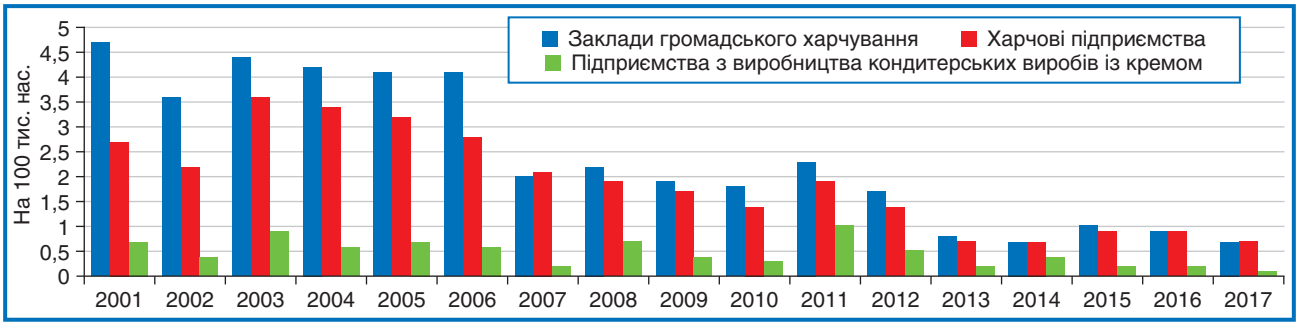


Рисунок 4. Частота виявлення санітарно-показової мікрофлори у змивах, відібраних у закладах громадського харчування, на харчових підприємствах (%) у 2001–2017 рр.

руху населення; *SHN* — показник щільності населення; *PHOT* — показник поширеності хвороб органів травлення; *CI* — частота ізоляції мікроорганізмів (шигел, сальмонел, патогенних ешерихій) від осіб, обстежених із профілактичною метою; *ZPVCV* — частота виявлення нестандартних зразків питної води, відібраної з джерел централізованого водопостачання; *ZM* — частота виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів; *ZP* — частота виявлення нестандартних зразків птиці та птицепродуктів; *ZMOL* — частота виявлення нестандартних зразків молока та молокопродуктів; *ZCKV* — частота виявлення нестандартних зразків цукру і кондитерських виробів; *ZY* — частота виявлення нестандартних зразків яєць; *ZHP* — частота виявлення позитивних змивів при обстеженні харчових підприємств; *ZZGH* — частота виявлення позитивних змивів при обстеженні закладів громадського харчування; *ZPVKVK* — частота виявлення позитивних змивів при

обстеженні підприємств із виробництва кондитерських виробів із кремом.

Використання лінійних багатофакторних регресійних рівнянь дає можливість спрогнозувати показники захворюваності на ГКІ. Однак для цього

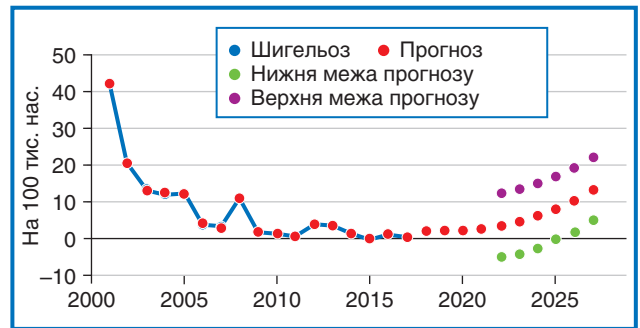


Рисунок 5. Фактичні та прогнозні значення захворюваності на шигельоз

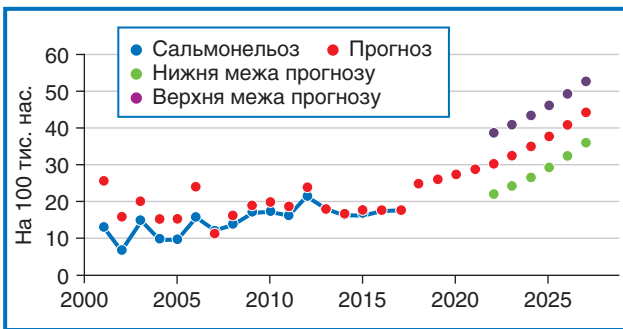


Рисунок 6. Фактичні та прогнозні значення захворюваності на сальмонельоз

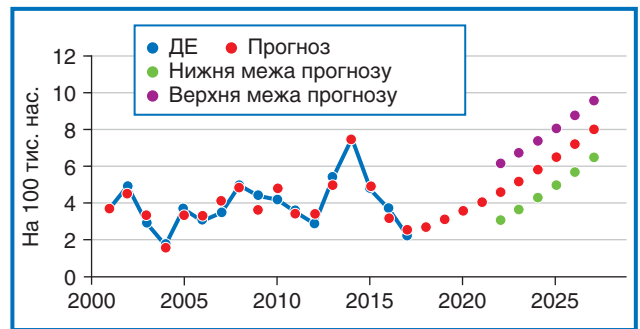


Рисунок 7. Фактичні та прогнозні значення захворюваності на діарейгенні ешерихіози

Таблиця 2. Прогнозування показників факторів ризику ГКІ за допомогою методу побудови лінії тренду

Фактор впливу		Регресійне рівняння
Чисельність населення		$CH = 1313,474 - 13,101 \cdot t$
Показник	природного руху населення	$PR = -11,674 + 0,245 \cdot t$
	міграційного руху населення	$MR = -4,310 + 0,274 \cdot t$
	щільності населення	$SHN = 1159,036 - 0,552 \cdot t$
	поширеності хвороб органів травлення	$PHOT = -525129 + 268,83 \cdot t$
Частота ізоляції сальмонел від осіб, обстежених із профілактичною метою		$CI = 1522,657 - 0,753 \cdot t$
Нестандартні зразки	молока та молокопродуктів	$ZMOL = -35,890 + 0,019 \cdot t$
	цукру і кондитерських виробів	$ZCKV = 376,67 - 0,186 \cdot t$
	яєць	$ZY = -160,45 + 0,08 \cdot t$

необхідно попередньо, за допомогою побудови ліній трендів від часового фактора t та методу середнього коефіцієнту росту, встановити прогностні значення факторів ризику. Прогнозування виділення шигел, сальмонел, ентеропатогенних кишкових паличок від осіб, обстежених із профілактичною метою; виявлення нестандартних зразків: питної води, м'яса і м'ясопродуктів, птиці та птахопродуктів; виявлення санітарно-показових мікроорганізмів (СПМ) у змивах, відібраних на харчових підприємствах, у закладах громадського харчування, на підприємствах із виробництва кондитерських виробів із кремом, здійснювали за допомогою методу середнього коефіцієнта росту. Лінії тренду будували за допомогою регресійних рівнянь (табл. 2).

При використанні прийнятних методів щодо прогнозування показників факторів ризику ГКІ були отримані їх прогностичні значення (табл. 3).

Отримані шляхом розрахунків прогностні значення факторів ризику були нами використані при визначенні прогнозу захворюваності на шигельоз, сальмонельоз, діареєгенний ешерихіоз, у регресійних рівняннях.

За результатами складеного регресійного рівняння (2) був встановлений прямий вплив на рівень захворюваності на шигельоз показників природного і міграційного руху населення; щільності населення; частоти ізоляції шигел від осіб обстежених із профілактичною метою; частоти виявлення нестандартних зразків: питної води, відібраної із джерел централізованого водопостачання, м'яса та м'ясопродуктів, цукру і кондитерських виробів; частоти виявлення позитивних змивів при обстеженні підприємств із виробництва кондитерських виробів із кремом. Прямий вплив зазначених факторів свідчив про зростання захворюваності на

шигельоз при зростанні їх значень відповідно на 4,45; 14,52; 146,37; 0,15; 4,21; 7,92; 2,50; 12,23 одиниць.

$$YSH = -1334,09 - 5,21 \cdot CH + 4,45 \cdot PR + 14,52 \cdot MR + 146,34 \cdot SHN + 0,02 \cdot PHOT + 0,15 \cdot CI + 4,21 \cdot ZPVCV + 7,92 \cdot ZM - 1,09 \cdot ZP + 4,87 \cdot ZMOL + 2,50 \cdot ZCKV - 10,65 \cdot ZY - 9,57 \cdot ZHP + 12,23 \cdot ZPVKVK, \quad (2)$$

де YSH — шигельоз; CI — частота ізоляції шигел від осіб, обстежених із профілактичною метою.

Використовуючи метод кам'янистого осипу, нами була визначена частка впливу кожного з факторів щодо динаміки захворюваності на шигельоз. Було встановлено, що найбільший вплив на зростання рівня захворюваності на шигельоз мають: збільшення щільності населення (частка впливу — 10,73 %), поширеність хвороб органів травлення (10,33 %), міграційний рух населення (9,67%).

У 2018–2021 рр. тенденції до зниження захворюваності на шигельоз не спостерігатиметься (рис. 5). Пріоритетними факторами впливу на погіршення епідемічної ситуації із шигельозу будуть зростання щільності населення, поширеності хвороб органів травлення, міграційного руху населення.

Аналогічне регресійне рівняння було складене і для сальмонельозу (3). За результатами регресійного рівняння (3) був встановлений прямий вплив на захворюваність на сальмонельоз тих самих факторів, за винятком молока і молокопродуктів, що і на інцидентність на шигельоз. При зростанні значень показників природного руху захворюваність на сальмонельоз зростатиме на 6,17 одиниці; міграційного руху — 6,41; щільності населення — 215,52; частоти виявлення нестандартних зразків питної води — 4,30; м'яса та

Таблиця 3. Прогностні значення факторів ризику захворюваності на ГКІ

Фактор впливу		2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Чисельність населення		1077,66	1064,55	1051,45	1038,35
Показник	природного руху населення	-7,27	-7,02	-6,78	-6,53
	міграційного руху населення	0,62	0,89	1,17	1,44
	щільності населення	45,18	44,63	44,08	43,52
	поширеності хвороб органів травлення	17 365,82	17 634,65	17 903,47	18 172,30
Частота ізоляції від осіб, обстежених із профілактичною метою	шигел	1,00	0,77	0,59	0,45
	сальмонел	2,73	2,53	2,35	2,18
	патогенних ешерихій	20,27	16,50	13,43	10,93
Нестандартні зразки	води, відібраної із джерел централізованого водопостачання	7,49	7,69	7,90	8,11
	м'яса та м'ясопродуктів	4,27	4,68	5,13	5,63
	птиці та птахопродуктів	10,17	10,88	11,65	12,47
	молока та молокопродуктів	2,69	2,71	2,73	2,75
	цукру і кондитерських виробів	1,27	1,08	0,89	0,71
	яєць	1,29	1,37	1,45	1,53
Позитивні змиви, виявлені при обстеженні	харчових підприємств	0,64	0,59	0,54	0,50
	закладів громадського харчування	0,62	0,55	0,49	0,43
	підприємств із виробництва кондитерських виробів із кремом	0,09	0,08	0,07	0,06

м'ясопродуктів — 6,74; молока і молокопродуктів — 6,14; цукру і кондитерських виробів — 1,31; позитивних змивів, виявлених при обстеженні підприємств із виробництва кондитерських виробів із кремом — 6,31.

$$YS = -630,285 - 8,567 \cdot CH + 6,170 \cdot PR + 6,412 \cdot MR + 215,523 \cdot SHN + 0,008 \cdot PHOT + 0,234 \cdot CI + 4,301 \cdot ZPVCV + 6,743 \cdot ZM - 0,991 \cdot ZP + 6,142 \cdot ZMOL + 1,308 \cdot ZCKV - 7,940 \cdot ZY - 6,441 \cdot ZHP + 6,308 \cdot ZPVKVK, \quad (3)$$

де YS — сальмонельоз; CI — частота ізоляції сальмонел від осіб, обстежених із профілактичною метою.

За допомогою методу кам'янистого осипу ми встановили, що найбільший вплив на зростання захворюваності на сальмонельоз мають: поширеність хвороб органів травлення (10,48 %), міграційний рух населення (9,45 %), частота виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів (7,65 %).

Зважаючи на прогнози значення захворюваності на сальмонельоз, у найближчі чотири роки (2018–2021 рр.) відбудеться зростання захворюваності на сальмонельоз в 1,6 раза (рис. 6).

До пріоритетних факторів ризику погіршення епідемічної ситуації із сальмонельозу на відміну від шигельозу належить збільшення міграційного руху населення та частоти виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів. Поширеність хвороб органів травлення також має значний вплив на інцидентність на сальмонельоз.

За результатами складеного регресійного рівняння (4) був встановлений прямий вплив на захворюваність на діареєгенні ешерихіози показників щільності населення (захворюваність зростатиме на 37,93 одиниці), поширеності хвороб органів травлення (0,004 од.), частоти ізоляції патогенних ешерихій від осіб, обстежених із профілактичною метою (0,011 од.) та частоти виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів (1,34 од.).

$$YDE = -91,616 - 1,556 \cdot CH + 37,933 \cdot SHN + 0,0041 \cdot PHOT + 0,011 \cdot CI - 2,218 \cdot ZPVCV + 1,341 \cdot ZM - 0,292 \cdot ZP - 2,999 \cdot ZPVKVK, \quad (4)$$

де YDE — ДЕ; CI — частота ізоляції патогенних ешерихій від осіб, обстежених із профілактичною метою.

Використовуючи метод кам'янистого осипу, ми встановили, що найбільший вплив на зростання захворюваності на діареєгенні ешерихіози мають: поширеність хвороб органів травлення (частка впливу — 10,32 %), частота виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів (7,72 %), частота ізоляції патогенних ешерихій від осіб, обстежених із профілактичною метою (5,27 %).

Застосовуючи прогнози значення факторів впливу, регресійне рівняння, автори отримали прогнози значення захворюваності на діареєгенні ешерихіози (рис. 7).

Маючи на увазі санітарно-гігієнічну ситуацію, у Сумській області порівняно з 2017 р. слід очікувати зростання захворюваності на діареєгенні ешерихіози в 1,6 раза. Пріоритетними факторами ризику, що зумов-

люватимуть погіршення епідемічної ситуації із ГКІ, є зростання поширеності хвороб органів травлення, частоти ізоляції патогенних ешерихій від осіб, обстежених із профілактичною метою, частоти виявлення нестандартних зразків м'яса та м'ясопродуктів.

Висновки

1. За результатами побудованих економетричних моделей встановлена статистично підтверджена лінійна множинна регресійна залежність між захворюваністю на шигельоз, сальмонельоз, діареєгенні ешерихіози та демографічними, медичними і санітарно-гігієнічними факторами. Факторний аналіз дозволив визначити пріоритетні фактори ризику ускладнення епідеміологічної ситуації: щільність населення, міграційний рух, поширеність хвороб органів травлення, виявлення нестандартних зразків м'яса і м'ясопродуктів.

2. Впровадження системи математичного моделювання прогнозування розвитку епідемічного процесу ГКІ з урахуванням демографічних, медичних показників і даних соціально-гігієнічного моніторингу сприятиме удосконаленню епідеміологічного нагляду за ними.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Інформація про внесок кожного автора

Малиш Н.Г. — концепція дослідження, збирання матеріалів, написання тексту; *Кузьменко О.І.* — аналіз отриманих даних; *Чемич М.Д.* — систематизація матеріалів; *Доан С.І.* — обробка матеріалів.

References

- Liu L, Oza S, Hogan D, et al. Global, regional, and national causes of child mortality in 2000–13, with projections to inform post-2015 priorities: an updated systematic analysis. *Lancet*. 2015 Jan 31;385(9966):430–40. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61698-6.
- Keusch GT, Walker CF, Das JK, Horton S, Habte D, authors. Diarrheal diseases. Chapter 9 In: Black RE, Laxminarayan R, Temmerman M, et al., editors. *Reproductive, Maternal, Newborn, and Child Health: Disease Control Priorities, Third Edition (Volume 2)*. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2016 Apr 5.
- Lakshminarayanan S, Jayalakshmy R. Diarrheal diseases among children in India: Current scenario and future perspectives. *J Nat Sci Biol Med*. 2015 Jan-Jun;6(1):24–8. doi: 10.4103/0976-9668.149073.
- GBD Diarrhoeal Diseases Collaborators. Estimates of global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoeal diseases: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet Infect Dis*. 2017 Sep;17(9):909–948. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30276-1.
- WHO. Diarrhoeal disease Fact Sheet. Available from: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>. Accessed: 2013, April.
- Liu L, Oza S, Hogan D, et al. Global, regional, and national causes of child mortality in 2000–13, with projections to inform post-2015 priorities: an updated systematic analysis. *Lancet*. 2015 Jan 31;385(9966):430–40. doi:

10.1016/S0140-6736(14)61698-6.

7. Shkarin VV, Chubukova OA, Blagonravova AS, Sergeeva AV. Problematic issues of combined intestinal infections *Jurnal infektologii*. 2016;8(4):11-19. doi: 10.22625/2072-6732-2016-8-4-11-19.

8. Pechenik AS, Chuhrov YuS, Brusina EB, Drozdova OM. The evolution of acute intestine infections epidemic process, the ways of improvement of epidemiologic

surveillance. *Profilaktičeskaâ i kliničeskaâ medicina*. 2012;(44):76-81.

9. Zabokritskiy NA. The infectious morbidity in the Russian Federation and tendencies of it is development in the next decade. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2015;17(5):16-26.

Отримано 17.01.2019 ■

Малыш Н.Г.¹, Кузьменко О.В.¹, Чемич Н.Д.¹, Доан С.И.²

¹ Сумской государственный университет, г. Сумы, Украина

² Киевский медицинский университет УАНМ, г. Киев, Украина

Использование математического моделирования в эпидемиологическом надзоре за острыми кишечными инфекциями

Резюме. Актуальность. Острые кишечные инфекции являются актуальными для многих стран мира. Миграционные процессы, международный туризм и другие факторы привели к изменению значимости отдельных источников инфекции, путей передачи возбудителя, этиологической структуры. **Цель.** На основании изучения динамики заболеваемости, факторов риска предложить новые способы усовершенствования эпидемиологического надзора за острыми кишечными инфекциями. **Материалы и методы.** Исследованы динамика заболеваемости шигеллезом, сальмонеллезом, диареогенным эшерихиозом, демографическая статистика и показатели санитарно-гигиенического мониторинга за период 2001–2017 гг. в Сумской области. Применены эпидемиологический и статистический методы исследования, многофакторный анализ. **Результаты.** Установлено, что в исследуемом периоде показатели инцидентности шигеллеза уменьшились с 42,3 до 0,5 на 100 тыс. населения; сальмонеллеза выросли с 13,0 до 17,7; диареогенных эшерихиозов варьировали на уровне 3,70–2,20. При проведении статистического анализа с

использованием пакета прикладных программ Statistica установлена зависимость заболеваемости от воздействия факторов риска (численность и плотность населения; естественное и миграционное движение населения; распространенность болезней органов пищеварения); частота выявления: носителей патогенных энтеробактерий, нестандартных проб воды, мяса и мясопродуктов, молока и молокопродуктов, сахара и кондитерских изделий, яиц; выделение санитарно-показательной микрофлоры с оборудования и рук работников в учреждениях общественного питания, на пищевых предприятиях, предприятиях по производству кондитерских изделий с кремом, молокозаводах. **Выводы.** Использование математического моделирования в системе эпидемиологического надзора за острыми кишечными инфекциями позволит спрогнозировать заболеваемость и определить приоритетные факторы риска.

Ключевые слова: эпидемиологический надзор; факторы риска; прогноз; шигеллез; сальмонеллез; диареогенные эшерихиозы

N.G. Malysh¹, O.V. Kuzmenko¹, M.D. Chemych¹, S.I. Doan²

¹ Sumy State University, Sumy, Ukraine

² Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine

The use of mathematical modeling in the epidemiological surveillance of acute intestinal infections

Abstract. Background. Acute intestinal infections remain actual diseases for many countries of the world now, especially with middle and low income, in spite of improving sanitary and hygienic conditions of living, drinking water quality. Therefore, the system of epidemiological surveillance of acute intestinal infections needs to be improved. Based on the study of the dynamics of morbidity, risk factors, new ways to improve the epidemiological surveillance of acute intestinal infections were offered. **Materials and methods.** The paper presents the results of studies on the dynamics of the incidence of shigellosis, salmonellosis, diarrheal escherichiosis, demographic statistics and indicators of sanitary-hygienic monitoring for 2001–2017 in the Sumy region. Epidemiological and statistical methods of research, multivariate analysis were applied. **Results.** It was found that in the studied period, the incidence rates for shigellosis decreased from 42.3 per 100,000 population to 0.5, salmonellosis — increased from 13.0 to 17.7, diarrheal escherichiosis — varied at 3.70–2.20. At the same time, the population of the region has decreased from 1,317.8 thousand people in 2001 to 1,104.5 in 2017, the population density — from 55.3 (persons per 1 km²) to 46.3, the natural population movement — from –11.1 to –8.6 %, migratory movement — from –5.2 to –0.7 %, the prevalence of digestive diseases has increased — from 13,004.0 per 100,000 people to 17,124.89. It has been found that in those examined for prophylactic purposes, the frequency of shigella and salmonella isolation decreased from 146.5 and 20.7 per 100,000 population to 0, enteropathogenic colibacilli — from 671.4 to 24.9. Results of sanitary-hygienic monitoring

of food and drinking water showed that the frequency of detection of “substandard” water samples was 8.1 %, meat and meat products — 5.2 %, milk and dairy products — 4.3 %, sugar and confectionery products — 5.6 %, eggs — 4.2 %. The frequency of isolation of sanitary and indicative microflora from equipment, the hands of workers in public catering facilities was 4.7 %, food enterprises and enterprises for the production of confectionery with cream — 3.4 and 1.03 %, respectively, dairies — 1.6 %. Statistical analysis conducted with the help of Statistica software package showed the dependence of the morbidity on the influence of risk factors, which can be presented as a linear multivariate regression equation. Using predictive values of risk factors, as well as regression equations, predictive values of morbidity were obtained for the most significant forms of acute intestinal infections. In 2018–2020, an increase in the incidence rate of shigellosis, salmonella, diarrheal escherichiosis is expected. Among the risk factors, the greatest impact will be the increase in population density, the prevalence of digestive diseases, migration of the population, “substandard” microbiological indicators of meat and meat products. **Conclusions.** Thus, identifying risk factors for unfavorable epidemiological situation and using a mathematical model to predict the development of the epidemic process of acute intestinal infections, taking into account demographic indicators and socio-hygienic monitoring data, can be an important part of the system for improving epidemiological surveillance.

Keywords: epidemiological surveillance; risk factors; prognosis; shigellosis; salmonellosis; diarrheal escherichiosis