

УДК: 616.988:578.823.91]-084-035:615.371(477)]-0.36.22:614.1:313.1

Створення та аналіз динамічної моделі захворюваності на ротавірусну інфекцію та оцінка можливих наслідків її специфічної профілактики в Україні

С. О. Соловйов

Національна медична академія післядипломної освіти ім. П. Л. Шупика МОЗ України, Київ

Резюме

З використанням даних клініко-лабораторних спостережень особливостей епідемічного процесу ротавірусної інфекції (РВІ) було розроблено математичну модель на основі системи диференціальних рівнянь, яка відображує динаміку захворюваності на РВІ та бере до уваги попередні випадки захворювання. Модель відтворює сезонні особливості захворюваності та розподіл за віком випадків захворювання на РВІ серед дітей до 5 років в Україні. В результаті моделювання встановлено, що в структурі захворюваності домінує кількість перших випадків захворювання у віковій групі «від 1 до 2 років». Прогнозується максимальне зниження захворюваності на РВІ на 48,4% після 7–8 років з моменту початку вакцинації. Результати дослідження показали, що імунопрофілактика є дієвим засобом зниження захворюваності на РВІ в Україні, а активне впровадження імунізації є стратегічним рішенням в боротьбі з РВІ в Україні.

Ключові слова: ротавірусна інфекція, захворюваність, динаміка, диференціальні рівняння.

Клин. информат. и Телемед. 2013. Т.9. Вып.10. с.117–122

Вступ

На початку XXI століття ротавірусна інфекція (РВІ) залишається однією із найактуальніших проблем охорони здоров'я населення як для країн, що розвиваються, так і для розвинутих країн [1]. Ротавіруси (РВ) поширені повсюдно і зі всього спектру збудників гострих кишкових інфекцій (ГКІ) найбільш часто зумовлюють розвиток тяжкої дегідратуючої діареї переважно у дітей перших років життя. За даними ВООЗ у світі щорічно реєструється майже 125 млн. випадків РВІ, з них 610 тис. випадків завершуються летально. Найбільш важкий перебіг РВІ спостерігається у дітей до 5 років, що становить 30–50% від усіх госпіталізацій з приводу ГКІ [2]. В країнах Євросоюзу кожного року реєструється близько 4 млн. випадків РВІ, 100 тис. госпіталізацій, більше 200 випадків з летальними наслідками. В Росії показник захворюваності на РВІ становив 25 випадків на 100 тис. населення у 2011 році [3, 4]. В Україні показники захворюваності на РВІ в окремі роки (2001 р., 2003 р.) коливалися від 0,93 до 3,18 на 100 тисяч населення, при цьому щорічно велика кількість гострих кишкових інфекцій, а це — близько 45%, залишалась етіологічно не розшифрованою. Спалахи РВІ в м. Одесі та в Одеській області, в м. Києві та інших регіонах України, що спостерігаються за останні 10 років свідчать

про активізацію епідемічного процесу та нагальну необхідність у впровадженні заходів специфічної профілактики [5].

Науково-методичним підґрунтям для оцінки наслідків вакцинації ротавірусними вакцинами, зареєстрованими в Україні може стати розробка та аналіз математичної моделі динаміки захворюваності на РВІ, що і стало метою нашої роботи.

Матеріали та методи дослідження

Інформаційним підґрунтям створення математичної моделі динаміки захворюваності на РВІ стали дані клініко-лабораторних спостережень за період 2006–2009 рр. 566 дітей віком від народження до 5 років з діагнозом ГКІ, які були госпіталізовані в інфекційні відділення лікарень в різних регіонах України. Відбір клінічного матеріалу від дітей, його дослідження на наявність ротавірусів методами імуноферментного аналізу та молекулярно-генетичними методами дослідження, а також генотипування виділених ротавірусів здійснювалось на кафедрі вірусології НМАПО ім. П. Л. Шупика. Розробку ма-

тематичної моделі здійснювали на основі системи диференціальних рівнянь.

Імовірність інфікування $\lambda_i(t)$ було отримано методом апроксимації отриманих експериментальних даних клініко-лабораторних спостережень функцією вигляду:

$$Y(t) = \frac{A \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{365 - \phi} \right) \right)^n}{2^n}, \quad (1)$$

де: A – амплітуда сезонної флуктуації; ϕ – кут зсуву фаз; n – ступінь піднесення.

Для апроксимації було використано програмне забезпечення Mathcad 15. Отримана апроксимована функція мала вигляд:

$$Y(t) = \frac{0,854 \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{365 - 91,052} \right) \right)^{15,403}}{2^{15,403}}. \quad (2)$$

Коефіцієнт детермінації R^2 становив 0,985, а найменше та найбільше відхилення становили – 0,042 та 0,038, відповідно.

Динаміка моделі була побудована на основі сезонних коливань імовірності інфікування РВІ $\lambda_i(t)$. Було запропоновано в моделі використовувати функцію $\lambda_i(t)$ вигляду:

$$\lambda_i(t) = \frac{\lambda_{max_i} \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{365 - 91,052} \right) \right)^{15,403}}{2^{15,403}}, \quad (3)$$

де λ_{max_i} – амплітуда сезонного коливання імовірності інфікування РВІ.

Амплітуда сезонного коливання λ_{max_i} залежить від частоти виявлення РВІ $p(i)$ в різних вікових групах і на піку кількості захворювань та визначалась за формулою [6]:

$$\lambda_{max_i}(i) = \frac{-\ln(1 - p(i))}{365}, \quad (4)$$

де $p(i)$ – частота виявлення РВ в певній віковій групі i .

Відповідно до цього λ_{max_i} були розраховані для кожної вікової групи на одиницю часу, що дорівнює одному дню (табл. 1).

Для створення моделі було прийнято, що кількість новонароджених дітей (діти, які входили до наймолодшої вікової групи) та кількість дітей, що залишали найстаршу вікову групу, була рівною, таким чином загальний розмір популяції залишався сталим.

Для дослідження наслідків імунізації дітей в Україні ротавірусною вакциною на основі штаму з генотипом G1P [8] була створена математична модель динаміки

Табл. 1. Імовірність інфікування λ_{max_i} для окремих вікових груп.

Вікова група, i	Частота виявлення РВ, $p(i)$	Амплітуда сезонної імовірності інфікування λ_{max_i} для кожної вікової групи а в перерахунку на 1 день як одиницю часу
<1 року	0,01041	0,000029
Від 1 до 2 років	0,40625	0,001381
Від 2 до 3 років	0,66667	0,000826
Від 3 до 4 років	0,80208	0,000399
Від 4 до 5 років	0,88542	0,000238
> 5 років	0,90625	0,000058

захворюваності на РВІ, що описується системою диференціальних рівнянь першого порядку, враховуючи покриття першою і другою дозами вакцини та її генотип-специфічну ефективність та інші параметри імунізації:

$$\frac{dS_{1i}}{dt} = b - (q + \mu e - \mu e q)pb + (1 - e)q(q + \mu e - \mu e q)pb - \lambda_i S_{1i} - \delta S_{1i}, \quad i = 1$$

$$\frac{dS_{2i}}{dt} = \delta S_{1(i-1)} - \lambda_i S_{2i} - \delta S_{2i}, \quad i = 2 \div 6$$

$$\frac{dI_{ni}}{dt} = \lambda_i S_{ni} - \gamma I_{ni} - \delta I_{ni} + \delta I_{n(i-1)}, \quad n = 1 - 4, \quad i = 1 \div 6$$

$$\frac{dS_{ni}}{dt} = \alpha_{(n-1)} \gamma I_{(n-1)i} - \lambda_i S_{ni} - \delta S_{ni} + \delta S_{n(i-1)}, \quad n = 2 - 3, \quad i = 1 \div 6$$

$$\frac{dS_{4i}}{dt} = \omega_1 R_i + \alpha_3 \gamma I_{3i} - \lambda_i S_{4i} - \delta S_{4i} + \delta S_{4(i-1)} + \omega_2 V_1 + \omega_2 V_2, \quad i = 1 \div 6$$

$$\frac{dR_i}{dt} = \sum_n ((1 - \alpha_n) \gamma I_{ni}) + \gamma I_{4i} - \omega_1 R_i - \delta R_i + \delta R_{(i-1)}, \quad n = 1 - 3, \quad i = 1 \div 6$$

$$\frac{dV_{1i}}{dt} = (q + \mu e - \mu e q)pb - \omega_2 V_{1i} - q(q + \mu e - \mu e q)pb - \delta V_{1i} + \delta V_{1i(i-1)}, \quad i = 1 \div 6$$

$$\frac{dV_{2i}}{dt} = q(q + \mu e - \mu e q)pb - \omega_2 V_{2i} - (1 - e)q(q + \mu e - \mu e q)pb - \delta V_{2i} + \delta V_{2i(i-1)}, \quad i = 1 \div 6 \quad (5)$$

де i – вікова група (<1 року, від 1 до 2 років, від 2 до 3 років, від 3 до 4 років, від 4 до 5 років); $S_{ni}(t)$ – група сприйнятливих дітей до n -ого випадку захворювання на РВІ у віковій групі i ; $I_{ni}(t)$ – група дітей з n -им випадком захворювання на РВІ у віковій групі i ; $R_i(t)$ – група дітей, які одужали та є імунними після перенесеного захворювання у віковій групі i ; $\lambda_i(t)$ – імовірність інфікування у віковій групі i ; $V_1(t)$ – група дітей, які отримали одну дозу вакцини; $V_2(t)$ – група дітей, які отримали обидві дози вакцини.

В створенні моделі використані ключові особливості динаміки захворюваності на РВІ серед дітей до п'яти років. Всі діти мали певний рівень пасивного імунітету при народженні, який зменшувався з певною швидкістю, після чого вони переходили до групи сприйнятливих до 1-го випадку інфікування РВІ з постійною швидкістю, яка дорівнювала народжуваності в Україні $b = 1370$ дітей в день [7]. Діти всіх вікових груп, сприйнятливих до інфікування, могли бути інфіковані з ймовірністю $\lambda_i(t)$, яка мала сезонний характер, та одужували зі швидкістю γ . Літературні джерела вказують на те, що необхідно розглядати принаймні три випадки повторного інфікування (чотири класи сприйнятливості) [8]. Імовірність сприйнятливості дитини складала (α_{1-3}) після кожного з трьох випадків інфікування РВІ, а частка ді-

тей, які набували імунного захисту після кожного інфікування ($1 - \alpha_{1-3}$), змінювалась залежно від кількості попередньо перенесених випадків інфекції. На основі даних, одержаних Velasquez та співавт. і підтверджених іншими авторами [8–10], вважалось, що ймовірність сприйнятливості складала 62% після першого випадку інфікування РВІ, 65% ($= 0,40/0,62$) після другого випадку та 85% ($= 0,34/0,40$) після третього випадку інфікування. Після кожного з чотирьох випадків інфікування всі діти ставали імунними та переходили до групи дітей, що одужали. Крім того, вважалось, що 47% від кількості випадків першого, 25% – другого, 32% – третього та 20% – четвертого випадків інфікування мали перебіг з клінічними проявами. Зазвичай симптоми тривали від 2 до 7 днів, а в середньому – 5 днів [11]. Захворювання завершувалось видужанням дитини, або менш ймовірним летальним наслідком. Перейшовши до групи дітей, які одужали, діти вважались тимчасово імунними до повторних випадків захворювання. Набутий імунний захист знижувався зі швидкістю ω_1 та згодом діти переходили до групи сприйнятливості до 4-го випадку інфекції, якій вони могли бути інфіковані з ймовірністю $\lambda_i(t)$. Тому припускається, що діти, у яких розвивався протиротавірусний імунітет внаслідок всіх випадків захворювання, мали менші ймовірності в майбутньому захворіти на РВІ. Швидкість зниження протиротавірусного імунного захисту ω_1 є невизначеним параметром, тому його значення було визначено шляхом наближення моделі до експериментальних даних клініко-лабораторних спостережень за РВІ в Україні (табл. 1).

Щеплення ротавірусною вакциною повинно збігатись у віковому інтервалі з першою та третьою ревакцинацією адсорбованої коклюшно-дифтерійно-правцевої (АКДП) вакцини, тому для моделі доцільно було використовувати охоплення вакциною АКДП-1 та АКДП-3 дітей до 1 року в Україні як можливий показник охоплення двома дозами ротавірусної вакцини [12].

Результати та обговорення

Проведений аналіз динаміки захворюваності показав, що протягом року в Україні, як і в інших країнах з помірним кліматом найбільша кількість позитивних знахідок ротавірусів у клінічному ма-

Табл. 2. Параметри моделі.

Параметр	Значення	Джерело
Народжуваність, b	1370 дітей /день	[7]
Тривалість симптомів, $1/\gamma$	5 днів	[11]
Ймовірність сприйнятливості після n -го випадку інфікування РВІ, α_n	$n=1: 0,62$ $n=2: 0,65$ $n=3: 0,85$	[8]
Ймовірність виникнення симптомів при n -му випадку інфікування РВІ, ξ_n	$n=1: 0,47$ $n=2: 0,25$ $n=3: 0,32$ $n=4: 0,20$	[8]
Швидкість переходу з вікової групи i в вікову групу $i+1$, δ	1/365	-
Швидкість зниження імунітету після перенесеної РВІ, ω_1	$6,37 \cdot 10^{-5}$ (1/43 рік ⁻¹ в перерахунку на 1 день); отримано шляхом наближення моделі до даних клініко-лабораторних спостережень	-
Ймовірність інфікування, $\lambda_i(t)$	Отримано методом апроксимації даних клініко-лабораторних спостережень	-
Імунізація першою дозою вакцини, p	0,98	на основі показника імунізації вакциною АКДП-1 в Україні [12]
Імунізація другою дозою вакцини, q	0,52	на основі показника імунізації вакциною АКДП-3 в Україні [12]
Генотип-специфічна ефективність вакцини, e	0,804	за власними дослідженнями молекулярно-генетичного моніторингу циркуляції ротавірусів в Україні [13]
Відносне збільшення кількості інфікованих дітей серед вакцинованих осіб між двома сезонами, ω_2	0,0001342	[14]
Ефективність однієї дози по відношенню до двох доз, μ	0,625	[15]

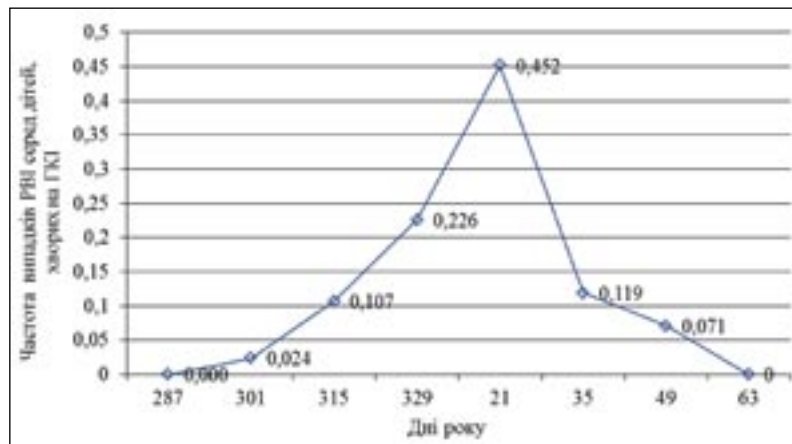


Рис. 1. Сезонні коливання захворюваності на РВІ в загальній структурі ГКІ вірусної етіології.

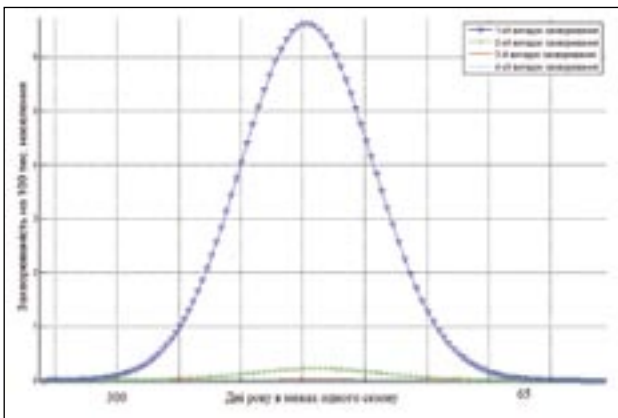


Рис. 2. Модель динаміки захворюваності на РВІ за кількістю попередньо перенесених випадків захворювання.

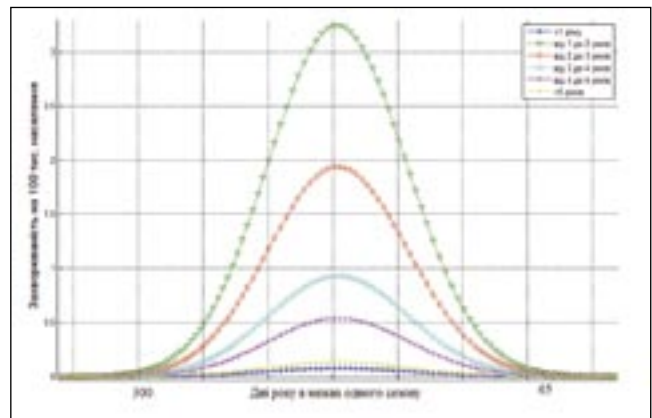


Рис. 3. Модель динаміки захворюваності на РВІ за окремими віковими групами дітей.

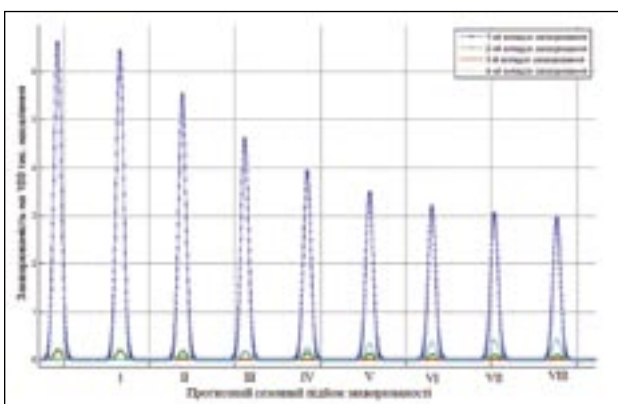


Рис. 4. Прогнозна ефективність вакцинації залежно від кількості попередньо перенесених випадків захворювання на РВІ.

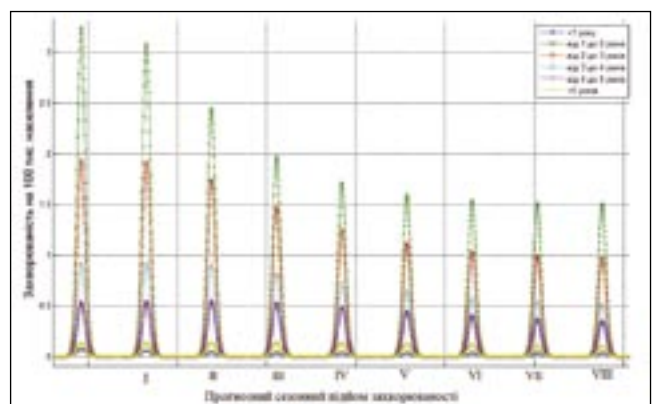


Рис. 5. Прогнозна ефективність вакцинації для різних вікових груп дітей.

теріалі виявлялась в основному в період з грудня по лютий, а найменша – з липня по вересень, що підтверджує зимово-весняну сезонність цієї інфекції, яка характерна для країн з помірним кліматом (рис. 1).

Якісний прогноз поширення захворюваності досяжний тільки на основі адекватних математичних моделей, формування яких стає в даний час цілком реальним завданням і на сьогодні математичне моделювання епідемічного процесу інфекцій є оптимальним засобом отримання випереджаючої інформації про швидкість розповсюдження інфекцій та прогнозування масштабів епідемії.

Сьогодні найбільш використовуваним є метод моделювання епідемічного процесу інфекцій, заснований на використанні диференціальних рівнянь [16, 17]. Такого роду моделі описують динаміку поширення захворювання системою диференціальних рівнянь, в якості шуканих функцій в яких виступають кількість хворих і здорових людей на певній території. Рішенням такої системи рівнянь є рівень інфекційної захворюваності в кожен момент модельного часу. Дана методологія була запропонована академіком О. В. Барояном і професором Л. А. Рвачовим [18, 19]. Для її створення використовується метод наукової аналогії у відображенні епідемічного процесу – процес «перенесення» збудника інфекції від хворих до здорових з процесом «перенесення» матерії (енергії, імпульсу та ін.) в рівняннях математичної фізики.

Грунтуючись на моделі Барояна-Рвачова було розроблено детерміновану модель динаміки захворюваності на РВІ серед дітей до 5 років з урахуванням ключових особливостей епідемічного процесу РВІ серед дітей до п'яти років, покриття вакциною та її генотип-специфічною ефективністю, описана системою диференціальних рівнянь першого порядку.

В результаті дослідження створеної моделі в пакеті прикладних програм Matlab 2009a було отримано відображення епідеміологічної моделі динаміки захворюваності на РВІ серед дітей до п'яти років в Україні з урахуванням вакцинації.

При дослідженні моделі за кількістю перенесених випадків РВІ було виявлено, що в структурі захворюваності домінує група дітей з 1-им випадком захворювання (рис. 2).

Проведений аналіз моделі динаміки захворюваності на РВІ за окремими віковими групами виявив наступну закономірність домінування окремих вікових груп в епідемічному процесі РВІ: «від 1 до 2 років» > «від 2 до 3 років» > «від 3

до 4 років» = «від 4 до 5 років» > «>5 років» > «<1 року» (рис. 3).

Модель прогнозує максимальне зниження захворюваності на РВІ на 48,4% після 7–8 років після початку вакцинації, а середнє зниження захворюваності протягом п'яти перших років після початку вакцинації становитиме в середньому близько 29,5%. Цей показник є співставним результатам раніше проведених досліджень щодо оцінки профілактичної ефективності вакцини, яка склала 29,4% [19]. При аналізі за кількістю попередньо перенесених випадків захворювання на РВІ помітно збільшення кількості 4-тих випадків захворювання при загальному зниженні кількості перших трьох випадків захворювання в структурі динаміки епідемічного процесу РВІ (рис. 4).

При дослідженні моделі динаміки захворюваності на РВІ за окремими віковими групами під впливом вакцинації показано зменшення амплітуди коливань захворюваності за кожною групою протягом сезонного підйому захворюваності (рис. 5).

Висновки

Аналіз результатів моделювання показав, що динаміка захворюваності на РВІ може бути достатньо точно описана за допомогою динамічної моделі, яка бере до уваги попередні випадки захворювання на РВІ. Модель відтворює сезонні особливості захворюваності та розподіл за віком випадків захворювання на РВІ, що спостерігаються серед дітей до 5 років в Україні.

Запропонований метод моделювання дозволив вивчити структуру захворюваності за окремими віковими групами та залежно від кількості попередньо перенесених випадків захворювання на РВІ.

Встановлено, що в структурі захворюваності домінує кількість перших випадків захворювання у віковій групі «від 1 до 2 років». Вивчено протиепідемічну ефективність вакцинації серед окремих вікових груп та залежно від кількості попередньо перенесених випадків захворювання. Прогнозується максимальне зниження захворюваності на РВІ на 48,4% після 7–8 років з моменту початку вакцинації. Очікується зниження захворюваності на РВІ в кожній віковій групі (від народження до п'яти років) при незначному збільшенні кількості четвертих випадків захворювання.

Розроблена модель та результати її аналізу показали, що імунопрофілактика може бути дієвим інструментом

зниження захворюваності на РВІ при активному впровадженні імунізації в стратегію боротьби з РВІ в Україні та за умови достатньо великого охоплення дитячого населення країни.

Література

1. Rotaviruses / A. Z. Kapikian, Y. Hoshino, R. M. Chanock [et al] // *Fields virology*. – 2001. – Vol. 2. – P. 1787–1833.
2. Global mortality associated with rotavirus disease among children in 2004 / Parashar U. D., Burton A., Lanata C. [et al.] // *J. Infect. Dis.* – 2009. – Vol. 200 (Suppl. 1). – P. 9–15.
3. Burden of rotavirus disease in European Union countries / M. Soriano-Gabarro, J. Mrukowicz, T. Vesikari // *J. Pediatr. Infect. Disease*. – 2006. – Vol. 25, № 1. – P. 7–11.
4. Миндлина А. Я. Пути оптимизации эпидемиологического надзора за антропонозами с фекально-оральным механизмом передачи / А. Я. Миндлина // *Эпидемиология и инфекционные болезни*. – 2012 – С.16–20.
5. Дзюблик І. В. Ротавірусна інфекція у дітей України / І. В. Дзюблик, О. В. Обертинська, І. Г. Костенко [та ін.] // *Профілактична медицина*. – 2009. – №2. – С. 34–37.
6. Rose J., Hawthorn R. L., Watts B., Singer M. E. Public health impact and cost effectiveness of mass vaccination with live attenuated human rotavirus vaccine (RIX4414) in India: model based analysis. *BMJ* 2009;339:b3653.
7. Державний Комітет Статистики України. www.ukrstat.gov.ua
8. Velazquez F. R., Matson D. O., Calva J. J., Guerrero L. [et al] Rotavirus infections in infants as protection against subsequent infections. *N Engl J Med*, 335 October (14) (1996), pp. 1022–1028.
9. Bhan M. K., Lew J.F., Sazawal S., Das B. K., Gentsch J. R. and Glass R. I. Protection conferred by neonatal rotavirus infection against subsequent rotavirus diarrhea. *J Infect Dis*, 168 August (2) (1993), pp. 282–287.
10. Ruiz-Palacios G., Schael I. P. and Velazquez F. Safety and efficacy of an attenuated vaccine against severe rotavirus gastroenteritis. *N Engl J Med*, 354 (2006), pp. 11–22.
11. Heymann D. L. *Gastroenteritis* // *Control of Communicable Diseases Manual*, (18th ed.), American Public Health Association (2004), pp. 224–227.
12. WHO. Immunization profile — Ukraine. – Geneva:WHO, 2010: http://apps.who.int/immunization_monitoring/en/globalsummary/timeseries/tscoveragebycountry.cfm?C=UKR
13. Predictive models of efficacy and public health impact of vaccination with rotavirus vaccine in Ukraine / S. Solovyov, J. Rose, I. Dzyublyk, E. Trokhimenko // *Компьютерные*

- исследования и моделирование. – 2012. – Т.4. – №2. – С. 407–421.
14. Linhares A. C., Velazquez F. R., Perez-Schael I. Efficacy and safety of an oral live attenuated human rotavirus vaccine against rotavirus gastroenteritis during the first 2 years of life in Latin American infants: a randomised, double-blind, placebo-controlled phase III study. *Lancet*. 2008. 371: pp.1181–1189.
 15. Lopez P., Linhares A., Perez-Schael I. [et al]. Early protection against severe rotavirus gastroenteritis—RIX4414 experience in Latin America. 24th Annual Meeting of the European Society of Infectious Diseases; 3–5 may, Basel. – Switzerland, 2006.:pp.24–26.
 16. Боев Б. В. Современные этапы математического моделирования процессов развития и распространения инфекционных заболеваний // Боев Б. В. / Эпидемиологическая кибернетика: модели, информация, эксперименты. М., 1991. С. 6–13.
 17. Бородулин А. И. / Статистическая модель эпидемического процесса // Бородулин А. И., Десятков Б. М., Шабанов А. Н., Ярыгин А. А. / Сибирский журнал промышленной математики. – 2007. – Т. 10, № 2. – С. 23–30.
 18. Бароян О. В. Математика и эпидемиология. // Бароян О. В., Рвачев Л. А. / М.: «Знание», 1977. С. 63.
 19. Бароян О. В. Прогнозирование эпидемий гриппа в условиях СССР // Бароян О. В., Рвачев Л. А. / Вопросы вирусологии. 1978. № 2. С. 131–137.

Development and analysis of dynamic model of morbidity of rotavirus infection and evaluation of possible consequences of its specific prevention in Ukraine

S. Solovyov

*P. L. Shupuk National medical academy of post-graduate education
Department of virology, Ukraine, Kyiv*

Abstract

Using data of clinical and laboratory observations of the features of epidemic process of rotavirus infection (RVI) among children under 5 years in Ukraine it has been developed the model, based on the system of differential equations, describing the dynamics of morbidity and takes into account the previous cases. The model reproduces the seasonal characteristics of the disease and the age distribution

of cases of RVI among children under 5 years in Ukraine. The modeling found that in the structure of morbidity is dominated by the number of first cases of disease in the age group «1 to 2 years». Projected maximum decrease of the morbidity of RVI is about 48.4% after 7–8 years from the start of vaccination. The results showed that immunoprophylaxis is effective in reducing the morbidity of RVI in Ukraine, and active implementation of immunization is a strategic decision in the struggle with RVI in Ukraine.

Key words: rotavirus infection, disease, dynamics, differential equations.

Создание и анализ динамической модели заболеваемости ротавирусной инфекцией и оценка возможных последствий ее специфической профилактики в Украине

С. А. Соловьев

*Национальная медицинская академия последипломного образования
им. П. Л. Шупика, кафедра вирусологии
Украина, Киев*

Резюме

С использованием данных клинико-лабораторных наблюдений особенностей эпидемического процесса ротавирусной инфекции (РВИ) была разработана математическая модель на основе системы дифференциальных уравнений, которая отображает динамику заболеваемости РВИ и берет во внимание предыдущие случаи заболевания. Модель воспроизводит сезонные особенности заболевания и распределение по возрасту случаев заболевания РВИ среди детей до 5 лет в Украине. В результате моделирования установлено, что в структуре заболеваемости доминирует количество первых случаев заболевания в возрастной группе «от 1 до 2 лет». Прогнозируется максимальное снижение заболеваемости РВИ на 48,4% после 7–8 лет с момента начала вакцинации. Результаты исследования показали, что иммунопрофилактика является действенным средством снижения заболеваемости РВИ в Украине, а активное внедрение иммунизации является стратегическим решением в борьбе с РВИ в Украине.

Ключевые слова: ротавирусная инфекция, заболеваемость, динамика, дифференциальные уравнения.

Листування

к.б.н. **С. О. Соловйов**

*Національна медична академія
післядипломної освіти
ім. П. Л. Шупика МОЗ України
вул. Дорогожицька, 9
Київ, 04112, Україна
тел.: +380 (44) 205 49 88
ел. пошта: solovyov@i.ua*