

УДК [519.23:616.-022.362](470+571)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА НЕВЫЯВЛЕННЫХ БАЦИЛЛЯРНЫХ БОЛЬНЫХ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2010 г. Ю. М. Маркелов, Л. В. Щёголева

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

С использованием данных статистики за последние 8 лет (динамика впервые выявленных бациллярных больных и контингентов, показатели абацеллирования и летальности бациллярных больных) сделана попытка создать математическую модель формирования «бациллярного ядра». Полученная модель совпадает с известной эпидемиологической моделью и подтверждает предположение о выявлении менее половины (45 %) бациллярных больных в Республике Карелия. Согласно математической модели снижение показателя абацеллирования впервые выявленных больных за последние 3 года до 55 % приведет к значительному ухудшению эпидемической ситуации (росту числа бациллярных больных и распространению лекарственно-устойчивых форм туберкулеза). Результат использования математической модели подтверждает положение ВОЗ о том, что наибольшее сокращение «бациллярного ядра» достигается при увеличении коэффициента абацеллирования до 85 % выявленных больных и выявления бациллярных больных до 70 %.

Ключевые слова: открытые (бациллярные) формы туберкулеза; невыявленные бациллярные больные; математическая модель для оценки невыявленных бациллярных больных; прогнозирование эпидемиологической ситуации.

Известно, что важнейшим фактором, влияющим на распространение туберкулеза (ТБ), является резервуар ТБ-инфекции [3, 4, 5, 7, 8, 9]. Наиболее опасную в эпидемиологическом отношении часть резервуара ТБ-инфекции образует так называемое «бациллярное ядро», которое состоит из впервые выявленных больных, рецидивов заболевания — бактериовыделителей, больных ранее выявленных, но неэффективно пролеченных («хроников»), продолжающих, как правило, выделять лекарственно-устойчивые штаммы микобактерий туберкулеза (МБТ), а также не выявленных и не зарегистрированных на данной территории бактериовыделителей. Согласно стратегии DOTS для улучшения эпидемической ситуации по ТБ необходимо ежегодно выявлять не менее 70 % бактериовыделителей и не менее 85 % из них излечивать — абацеллировать [10]. Таким образом, динамика «бациллярного ядра» является основным показателем, характеризующим эпидемиологическую ситуацию и успешность реализации противотуберкулезных мероприятий в регионе.

Целью данной работы явилось выяснение величины невыявленной части «бациллярного ядра» и оценка факторов, оказывающих основное влияние на его размер.

Существуют различные подходы к оценке величины резервуара ТБ-инфекции и количества бациллярных больных в регионе [3, 7, 8]. Согласно данным [1], важным показателем, отражающим величину резервуара ТБ-инфекции, является инфицированность детей, при этом наиболее значимым является показатель первичного инфицирования детского населения. В Карелии данный показатель в течение последних лет составляет 1,9–2,0 %, что превышает аналогичный показатель по Российской Федерации (1,4 %). Используя формулу расчета числа бациллярных больных, основанную на модели распространения ТБ в обществе [8], по которой прирост инфицированности населения на 1 % в год соответствует появлению около 50 бациллярных больных на 100 тыс. населения, можно рассчитать, что ежегодному приросту инфицированности среди детского населения (2 %) соответствует появление около 100 больных с бациллярными формами ТБ. Количество взрослого населения в Карелии составляет 595 тыс. человек, следовательно, ежегодно должно регистрироваться около 600 впервые выявленных бациллярных форм ТБ (вместо 250–260) (табл. 1). По известной модели распространения ТБ в обществе [5]: один бациллярный больной инфицирует в течение года 10 человек, у 10 % которых разовьется заболевание (1 случай ТБ), из них у 50 % — с бацилловыделением (0,5 случая) — рассчитываем, что ежегодный прирост инфицированности детского населения на 2 % соответствует распространенности 100 бациллярных больных на 100 тыс. насе-

Таблица 1

Статистические данные о количестве бациллярных больных и эффективности их лечения (абациллирования)

Год	Количество впервые выявленных с МБТ(+) на территории (Ф. 8)	Удельный вес абациллирования впервые выявленных, %	Контингенты с МБТ(+), состоящие на учете (Ф. 33)	Удельный вес контингентов, снятых с бациллярного учета (в связи со смертью и абациллированием), %
2000	239	73,5	422	21,6
2001	234	71,3	391	24,3
2002	248	70,1	362	28,1
2003	249	76,1	342	25
2004	239	72	343	27,8
2005	249	51,6	341	26,3
2006	235	55,4	313	26
2007	241	58,3	281	26,2
М среднее	241,8	66,0	349,3	25,6

ния (1 бациллярный больной = 10 инфицированных или 1 инфицированный = 0,1 случая с бацилловыделением); соответственно при расчете показателя распространенности ТБ на 100 тыс. населения: 1 % инфицированных (1 000 инфицированных на 100 тыс. населения) будет соответствовать распространенности ТБ 100 случаев с бацилловыделением на 100 тыс. населения. Ежегодное выявление 2 % вновь инфицированных соответствует распространенности ТБ 200 случаев с бацилловыделением на 100 тыс. населения. С учетом того, что количество взрослого населения в Карелии составляет около 595 тыс. человек, количество бациллярных больных должно приближаться к 1 200, что значительно превышает данные официальной статистики (547–598 больных) (см. табл. 1), т. е. общая лечебная сеть не выявляет более 1/2 бациллярных больных. Понимая достаточную условность данной модели (влияние на ее расчет качества интерпретации результатов туберкулиновых проб и возможные погрешности при экстраполяции показателя риска ежегодного инфицирования детского населения на все воз-

растные группы жителей Республики Карелия), мы попытались создать математическую модель расчета «бациллярного ядра». Для этого были использованы статистические данные о количестве зарегистрированных бациллярных больных и их динамики с 2000 по 2007 год по статистическим формам (Ф. 8, 33; табл. 2400) (см. табл. 1).

В табл. 2 представлено движение бациллярных больных по статистической отчетной форме (Ф. 8, 33; табл. 2400). Как видно из данных этой таблицы, в среднем количество впервые выявленных бациллярных больных по территории на 15–16 % превышало количество бациллярных больных из числа местных жителей. Как правило, эта категория представлена лицами БОМЖ, мигрантами, а также находящимися в СИЗО или в местах лишения свободы больными. Обычно среди данной категории граждан выявляются запущенные, распространенные деструктивные формы ТБ. Эти лица склонны к нарушениям режимов химиотерапии (ХТ) и отрывам от лечения, заканчивающимися её неэффективным курсом. Так, показатели отрывов от лечения, по данным различных

Таблица 2

Движение бациллярных больных в Республике Карелия (2000–2007 годы) (учетные формы: ф. 8, ф. 33, табл. 2400)

Год	Впервые выявленные с МБТ(+)		Контингенты с МБТ(+)(ф. 33)							Умерло			Перестали выделять МБТ	Всего состоит на конец года с МБТ (+)
	Всего на территории РК (ф. 8)	Из них местные жители (ф. 33)	Всего	Из I и II групп ДУ (ранее абациллированных)	Рецидивы			Прибыло из других ЛПУ	Выбыло в другие регионы	От ТБ	От других причин	Всего		
					Из III группы ДУ	Из снятия с ДУ	Всего							
2000	239	176	422	48	4	11	15	71	47	53	30	80	125	598
2001	234	187	391	36	4	10	14	54	52	81	35	116	143	578
2002	248	193	362	55	7	30	37	49	61	98	38	136	159	555
2003	249	216	342	41	3	14	17	50	47	86	44	130	139	558
2004	239	200	343	31	13	19	32	35	56	60	45	105	153	542
2005	249	220	341	40	13	21	34	46	50	86	40	126	145	561
2006	235	211	313	35	18	11	29	39	40	74	48	122	189	524
2007	241	226	281	26	12	21	33	30	44	80	34	114	174	507
Средние М	241,8	203,6	349,3	39,0	9,3	17,1	26,4	46,8	49,6	77,3	39,3	116,5	153,4	552,9

авторов, колеблются от 10 до 20 % (по статистическим данным, в Карелии они составляют около 10 %). Несмотря на это, данная группа, пополняя ряды контингентов-бактериовыделителей, не имея регистрации, не попадает в диспансерные группы наблюдаемых бациллярных больных (см. табл. 2). Летальность бациллярных больных составила 21 %, в том числе от ТБ — 14 % и от других причин — 7 %. Летальность впервые выявленных бациллярных больных, по статистическим данным, на территории Республики Карелия составила 11,3 %. Прекращение бацилловыделения составило 27 % и незначительно превышало летальность (21 %). Пополнение бактериовыделителей из числа контингентов, состоящих на диспансерном учете (ДУ), осуществлялось из I и II групп ДУ — 11,2 %, рецидивы составили 7,6 %. Количество прибывших из других регионов и убывших различалось незначительно. Удельный вес контингентов, снятых с бациллярного учета (в связи со смертью и абациллированием) (см. табл. 1), составил 25,6 %. Эти показатели представлены в табл. 3 и в целом совпадали с данными, опубликованными в [6]. Коэффициент заболевания бациллярной формой ТБ ($Z = 0,5$) взят из общепринятой модели распространения ТБ (см. выше). Известно также, что в доантибактериальный период, до применения туберкулостатических препаратов, около 1/3 больных умирало от ТБ, у 1/3 процесс переходил в хроническую форму и у 1/3 наступало самоизлечение (см. табл. 3).

Таким образом, математическая модель распространения бациллярных форм ТБ может быть представлена в следующем виде. Пополнение контингентов-бактериовыделителей следующего года $S_x(t+1)$ будет складываться из количества контингентов-бактериовыделителей данного года $S_x(t)$, увеличенного на число возобновивших бактериовыделение из I и II групп ДУ ($A_1=0,112$) (см. табл. 3) и рецидивов с бактериовыделением ($A_2=0,076$), а также из ото-

рвавшихся от лечения $S_b(t) \cdot B$ и вновь выявленных бацилловыделителей S_b , неэффективно пролеченных (без умерших C_b), абациллированных V_b и оторвавшихся от лечения $1-B$, или: $S_b(t) \cdot (1-C_b-V_b-B)$. На показатель абациллирования впервые выявленных больных определяющее влияние оказывает наличие среди них множественной лекарственной устойчивости (МЛУ). Снижение показателя абациллирования впервые выявленных больных в течение последних трех лет связано с увеличением первичной МЛУ от 19 до 25 %. В дальнейшем впервые выявленные больные с МЛУ получают лечение по индивидуальной схеме (показатель абациллирования — U среди них в 2008 году составил 30 %, или 0,3, см. табл. 3) $S_b(t) \cdot (1-C_b-V_b-B) \cdot (1-U)$. Уменьшение контингентов с бацилловыделением будет происходить за счет снятия с бациллярного учета в связи с абациллированием и смертью (A_3). Таким образом, движение контингентов-бактериовыделителей можно выразить в виде формулы:

$$S_x(t+1)=S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot (1-A_3)+S_b(t) \cdot B+S_b(t) \cdot (1-C_b-V_b-B) \cdot (1-U).$$

Используя следующие значения: коэффициент выявления бациллярных больных, который нам неизвестен (K), коэффициент абациллирования впервые выявленных больных ($V_b=0,66$), коэффициент летальности впервые выявленных больных ($C_b=0,11$), коэффициент заболевания бациллярной формой ТБ ($Z=0,5$), сроки выявления бациллярных больных с момента заболевания ($W=2,34/12=0,195$) (см. табл. 3), коэффициент самоизлечения бациллярных больных ($V_n = 0,33$) и коэффициент летальности нелеченных бациллярных больных ($C_n=0,33$) — можно рассчитать количество неизвестных бациллярных больных следующего года $S(t+1)$. Количество неизвестных бациллярных больных следующего года $S(t+1)$ будет складываться из неизвестных бациллярных больных данного года $S(t)$ минус выявленные бациллярные

Таблица 3

Коэффициенты, используемые для математической модели расчета количества бациллярных больных

Показатель	Обозначения и численные значения коэффициентов		
	Впервые выявленные больные с МБТ(+)	Контингенты с МБТ(+)	Бациллярные больные, не получающие лечения (невывявленные)
Летальность от ТБ, %	11,3	14	33
Летальность от других причин, %	7	7	
Общая летальность, %	$C_b=18$	21	$C_n=33$
Абациллирование, %	$V_b=66$ (табл. 1)	—	$V_n=33$
Абациллирование больных с МЛУ(U), %	30	—	—
Отрывы от лечения (B), %	10		
Возобновление бактериовыделения из I и II групп ДУ, %	—	$A_1=11,2$ (39 из 349,3, табл. 2)	—
Рецидивы (из III группы ДУ и снятых с ДУ), %	—	$A_2=7,6$ (26,4 из 349,3, табл. 2)	—
Снятие с бациллярного учета (в связи со смертью или абациллированием), %	—	$A_3=25,6$ (табл. 1)	—
Средние сроки выявления бактериовыделителей (часть года)	$W=2,34/12=0,195$	—	—
Коэффициент заболевания ТБ с бактериовыделением в результате заражения	$Z=0,5$	$Z=0,5$	$Z=0,5$

больные данного года $S_b(t)$ минус умершие и самопроизвольно излеченные неизвестные $S_y(t)$, а также из заразившихся от выявленных бациллярных больных и оторвавшихся от лечения $S_b(t) \cdot (B \cdot Z + (1-B) \cdot Z \cdot W)$ плюс из заразившихся от невыявленных бациллярных больных $S_n(t) \cdot Z$, а также заразившихся от контингентов-бактериовыделителей, состоящих на учете $S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot Z$.

Таким образом, численность групп $S_x(t)$, $S_n(t)$, $S_b(t)$, $S_y(t)$, $S(t)$ подчиняется системе конечно-разностных уравнений:

$$\begin{aligned} S_y(t) &= S_n(t) \cdot (V_n + C_n) = (1-K) \cdot S(t) \cdot (V_n + C_n), \\ S_x(t+1) &= S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot (1-A_3) + S_b(t) \cdot B + S_b(t) \cdot \\ &\cdot (1-C_b - V_b - B) \cdot (1-U), \\ S(t+1) &= S(t) - S_b(t) - S_y(t) + S_b(t) \cdot (B \cdot Z + (1-B) \cdot Z \cdot \\ &\cdot W) + S_n(t) \cdot Z + S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot Z, \\ S_b(t) &= K \cdot S(t), \\ S_n(t) &= (1-K) \cdot S(t). \end{aligned}$$

Коэффициент выявления (K) был рассчитан следующим образом. На основе данных за 2000 год по модели было рассчитано, сколько новых неизвестных больных появится в 2001 году и, следовательно, сколько будет выявлено в 2001 году — $S_b(2001, K)$ — это значение зависит от коэффициента выявления K . Количество выявленных в 2001 году известно — $\hat{S}_b(2001)$, следовательно, можно получить разность между полученным по модели значением и реальным значением: $S_b(2001, K) - \hat{S}_b(2001)$. Аналогично можно получить разности для 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 и 2007 годов. Коэффициент выявления подбирается таким образом, чтобы сумма квадратов разностей была минимальной:

$$K = \arg \min \left\{ \sum_{t=2001}^{2007} (S_b(t, K) - \hat{S}_b(t))^2 \right\},$$

где $S_x(t)$ — количество хронических больных на конец года t ; $S_n(t)$ — количество невыявленных больных в году t ; $S_b(t)$ — количество выявленных больных в году t ; $S_y(t)$ — количество ушедших из невыявленных больных (умерших и выздоровевших) в году t ; $S(t)$ — количество всех неизвестных больных в году t ; C_n — коэффициент смертности для невыявленных больных; C_b — коэффициент смертности для выявленных больных; V_n — коэффициент выздоровления для невыявленных больных; V_b — коэффициент выздоровления для выявленных больных; Z — коэффициент заразности больных; W — поправочный коэффициент заразности для выявленных больных; A_1 — рецидив из I и II групп (% от числа хроников); A_2 — рецидив из III группы (% от числа хроников); A_3 — коэффициент снятия с бациллярного учета контингентов-бактериовыделителей (в связи с абациллированием или смертью); U — коэффициент выявления выявленных, получивших дополнительное лечение (% от числа выявленных за минусом умерших, выздоровевших и ушедших); B — коэффициент выявления выявленных, не получивших полноценное лечение (отрывы от лечения в % от числа всех выявленных); K — коэффициент выявления; $\hat{S}_b(t)$ — статистическое значение количества выявленных больных на конец года t ; $\hat{S}_x(t)$ — статистическое значение количества хронических больных на конец года t .

При использовании в данном уравнении имеющихся статистических данных (см. табл. 1, 2 и 3) коэффициент выявления будет равен 0,45 ($K=0,45$). Таким образом, при величине коэффициента выявления ($K_{cp} = 0,45$) (т. е. при выявлении менее 1/2 из находящихся на территории региона бациллярных больных) расчетные данные, полученные по формулам:

Таблица 4

Статистические и расчетные данные о количестве бациллярных больных на территории региона
(при $K_{cp}=0,45$; $V_b=0,66$; $C_b=0,11$; $W=0,195$; $A_1=0,112$; $A_2=0,076$; $A_3=0,25$; $V_n=0,33$; $C_n=0,33$; $B=0,1$; $U=0,3$; $Z=0,5$)

Год	Статистические данные					Расчетные данные по модели				
	Впервые выявленные с МБТ(+) по территории (Ф. 8)	Впервые выявленные с МБТ(+) местные жители (Ф. 33)	Контингенты с МБТ(+), состоящие на ДУ (Ф. 33)	Всего больных с МБТ(+) на ДУ (Ф. 33)	Всего больных с МБТ(+), зарегистрированных по территории (Ф. 8)	Впервые выявленные с МБТ(+) по территории	Контингенты с МБТ(+), по территории	Всего выявляется с МБТ(+) по территории с контингентами	Предполагаемое с МБТ(+) по территории без контингентов	Всего с МБТ(+) по территории с контингентами
2003	249	216	342	558	591	249,3	437,2	686,5	554,0	991,2
2004	239	200	343	542	582	247,5	419,7	667,2	550,0	969,7
2005	249	220	341	561	590	241,9	404,1	646,0	537,5	941,6
2006	235	211	313	524	548	234,8	389,6	622,4	521,7	911,0
2007	241	226	281	507	522	227,2	375,9	603,1	504,8	880,7

Примечание. K_{cp} — коэффициент выявления бациллярных больных от количества невыявленных; V_b — удельный вес абациллирования впервые выявленных больных; C_b — летальность впервые выявленных больных; W — сроки выявления (часть года) бациллярных больных с момента заболевания; A_1 — удельный вес возобновления бактериовыделения контингентов из состоящих в I и II группах ДУ, ранее абациллированных; A_2 — удельный вес рецидивов с бактериовыделением из III группы ДУ и снятых с ДУ; A_3 — удельный вес контингентов, снятых с бациллярного учета; V_n — абациллирование в связи с самоизлечением; C_n — летальность нелеченных бациллярных больных; B — удельный вес отрывов от лечения; U — абациллирование больных с МЛТУ; Z — коэффициент заболевания бациллярной формой ТБ).

$$\begin{aligned}
 S_y(t) &= S_n(t) \cdot (V_n + C_n) = (1-K) \cdot S(t) \cdot (V_n + C_n), \\
 S_x(t+1) &= S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot (1-A_3) + S_b(t) \cdot B + S_b(t) \cdot \\
 &\cdot (1-C_b-V_b-B) \cdot (1-U), \\
 S(t+1) &= S(t) - S_b(t) - S_y(t) + S_b(t) \cdot (B \cdot Z + (1-B) \cdot Z \cdot \\
 &\cdot W) + S_n(t) \cdot Z + S_x(t) \cdot (1+A_1+A_2) \cdot Z, \\
 S_b(t) &= K \cdot S(t), \\
 S_n(t) &= (1-K) \cdot S(t),
 \end{aligned}$$

отражают динамику количества бациллярных больных, в целом совпадающую с данными статистики о количестве зарегистрированных бациллярных больных (табл. 4). Количество контингентов-бацилловыделителей, рассчитанное по математической модели, превышает статистические данные о контингентах бацилловыделителей, состоящих на ДУ. Данное различие объясняется недоучетом контингентов-бацилловыделителей, не относящихся к числу местных жителей (Ф. 33) из числа БОМЖ, мигрантов и т. д., у которых наиболее часто выявляются лекарственно-устойчивые формы ТБ и лечение которых наиболее часто заканчивается неэффективным курсом ХТ с сохраняющимся длительным бактериовыделением. В связи с этим общее количество выявленных больных с МБТ(+), полученное по модели, несколько превышает общее число бактериовыделителей, зарегистрированных на территории (см. табл. 4). При проведении расчетов по математической модели было использовано программное обеспечение [2].

Анализ полученной математической модели позволил установить, что наибольший вклад в заражение и возникновение новых случаев ТБ вносят контингенты-бактериовыделители, что объясняет быстрое распространение лекарственно-устойчивых форм ТБ. Предполагаемое количество бациллярных больных примерно в 2 раза превышает число выявленных бациллярных больных. Всего же на территории Карелии регистрируется около 60 % предполагаемого количества бациллярных больных. Таким образом, разработанная математическая модель для расчета величины «бациллярного ядра» позволяет получить аналогичные данные, рассчитанные по известной модели, основанной на оценке впервые выявленной инфицированности населения и свидетельствует о том, что общая лечебная сеть на территории Карелии выявляет менее

1/2 имеющихся на территории региона бациллярных больных. Как видно из данных табл. 5, снижение показателя абацеллирования впервые выявленных бациллярных больных в течение последних 3 лет (2005 – 51,6 %; 2006 – 55,4 %; 2007 – 58,3 %) в среднем до 55 % приведет в ближайшие годы к значительному ухудшению эпидемиологической ситуации: увеличению контингентов-бактериовыделителей («хроников»), выделяющих, как правило, лекарственно-устойчивые штаммы МБТ, а также к замедлению регрессии количества бациллярных больных как впервые выявленных, так и невыявленных. С учетом рекомендаций ВОЗ (стратегия DOTS) о необходимости достижения показателя абацеллирования 85 % и выявления не менее 70 % бациллярных больных ввод данных коэффициентов в полученную математическую модель (см. табл. 5) показывает, что достижение данных индикаторов позволяет добиться наибольшей регрессии количества бациллярных больных на территории региона. Это также приведет к снижению летальности впервые выявленных больных, поскольку основной причиной летальности данной категории является позднее выявление запущенных, деструктивных форм ТБ, и к сокращению числа контингентов бактериовыделителей. Таким образом, данная математическая модель совпадает с известной моделью распространения ТБ-инфекции в обществе и подтверждает, что общая лечебная сеть выявляет менее 1/2 от имеющегося количества бациллярных больных на территории Карелии.

Выводы

Созданная математическая модель совпадает с известной эпидемиологической моделью и свидетельствует о значительном удельном весе невыявленных бациллярных больных в Республике Карелия.

Используя модель распространения туберкулеза в обществе и полученную математическую модель, можно предположить, что общая медицинская сеть выявляет всего лишь около 45 % находящихся в регионе бациллярных больных.

Снижение показателя абацеллирования впервые выявленных больных в течение последних трех лет в среднем до 55 % может привести к ухудшению эпидемической ситуации на территории Карелии:

Влияние коэффициента выявления (К) бациллярных больных и удельного веса абацеллирования впервые выявленных больных (V_b) на динамику «бациллярного ядра» на территории региона

Таблица 5

Год	При снижении V_b до 0,55					При увеличении К до 0,70 и V_b до 0,85				
	Впервые выявленные с МБТ(+)	Контингенты с МБТ(+)	Всего выявленных с МБТ(+)	Предполагаемое без контингентов МБТ(+)	Предполагаемое с контингентами МБТ(+)	Впервые выявленные с МБТ(+)	Контингенты с МБТ(+)	Всего выявленных с МБТ(+)	Предполагаемое без контингентов с МБТ(+)	Предполагаемое с контингентами МБТ(+)
2005	247,0	440,1	687,1	548,9	989,0	309,8	399,8	709,6	578,8	978,6
2006	247,1	441,0	688,1	549,0	990,0	274,2	382,5	656,7	535,2	917,7
2007	247,3	441,8	689,1	549,6	991,4	254,6	363,7	618,3	493,7	857,4
2008	247,7	442,5	690,2	550,4	992,9	239,9	342,7	582,6	454,6	797,3
2009	248,1	443,3	691,4	551,3	994,6	227,1	327,4	554,5	418,1	745,5
2010	248,5	444,0	692,5	552,2	996,2	215,3	310,6	525,9	384,3	694,9

увеличению контингентов-бактериовыделителей («хроников»), что неизбежно приведет к росту первичной лекарственной устойчивости и увеличению количества как впервые выявленных больных, так и невыявленных бациллярных больных.

Результат использования полученной математической модели подтверждает положение стратегии DOTS о том, что наибольшую регрессию «бациллярного ядра», а также снижение летальности можно получить при выявлении не менее 70 % бациллярных больных и абациллирования не менее 85 % выявленных больных.

Список литературы

1. Аксенова В. А. Инфицированность и заболеваемость туберкулезом детей как показатель общей эпидемиологической ситуации по туберкулезу в стране / В. А. Аксенова // Проблема туберкулеза. — 2002. — № 1. — С. 6–9.
2. Гурский Д. А. Вычисления в Mathcad 12 / Д. А. Гурский, Е. С. Турбина. — СПб. : Питер, 2006. — 544 с.
3. Капков Л. П. Значение показателей резервуара бациллярных больных туберкулезом органов дыхания в оценке эпидемической ситуации по туберкулезу / Л. П. Капков // Проблемы туберкулеза и болезней легких. — 2007. — № 1. — С. 17–22.
4. Ленский Е. В. Эпидемиологические особенности туберкулеза легких в сельских районах с низкой плотностью населения : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ленский Е. В. — Иркутск, 2007.
5. Перельман М. З. Фтизиатрия : учебник / М. З. Перельман, В. А. Корякин. — М. : ОАО Издательство «Медицина», 2004. — 520 с.
6. Туберкулез в Российской Федерации, 2006 год: аналитический обзор основных статистических показателей по туберкулезу, используемых в Российской Федерации. — М. ; Тверь : Триада, 2007. — 126 с.
7. Хрулева Т. С. Резервуар туберкулезной инфекции в Российской Федерации и возможности его ограничения : дис. ... д-ра мед. наук / Хрулева Т. С. — М., 2001. — 291 с.
8. Dye Ch. Global Burden of Tuberculosis / Ch. Dye, S. Scheele, P. Dolin, et al. / Estimated Incidence, Prevalence, and Mortality by Country // JAMA. — 1999. — Vol. 282, N 7. — P. 677–686
9. Global tuberculosis control: surveillance, planning, financing (Отчет ВОЗ 2007 г. По ситуации с туберкулезом). — http://www.who.int/tb/publications/global_report/2007/download_ad_centre/en/index,ht

10. *Treatment of Tuberculosis: guidelines for National Programmes* // 2nd. ed. — Geneva, 1997. — P. 222

USE OF MATHEMATICAL MODEL (SIMULATOR) FOR ESTIMATION OF THE AMOUNT OF UNDETECTED BACILLARY PATIENTS IN ADMINISTRATIVE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yu. M. Markelov, L. V. Shyegoleva

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

Using statistics for the past eight years (dynamics of the first diagnosed bacillary patients and contingents, indices of recovery and lethality of bacillary patients) the authors created a mathematical model (simulator) of forming of the “bacillary nucleus”. The created model coincides with famous epidemiological model and confirms an assumption that less than 45% of bacillary patients are being detected within the Republic of Karelia. According to the mathematical model, decrease of the index of recovery of the first diagnosed patients for the past three years to 55 % shall lead to significant deterioration of the epidemic situation (to increase of the number of bacillary patients both new-onset and contingents, as well as to spread of drug-resistant form of tuberculosis). The results of the model usage confirm the statement made by the WHO that the most reduction of the “bacillary nucleus” is reached when the rate of recovery increases up to 85 % among diagnosed patients and detection of bacillary patients up to 70 %.

Key words: active (bacillary) form of tuberculosis, non-detected bacillary patients; mathematical model for estimation of non-detected (not diagnosed) bacillary patients; use of mathematical model for prediction of epidemiologic situation.

Контактная информация:

Маркелов Юрий Михайлович — кандидат медицинских наук, доцент, зав. курсом фтизиопульмонологии медицинского факультета Петрозаводского государственного университета

Адрес: 185910, г. Петрозаводск, ул. Ленина, д. 33

Тел.: (8142) 57-07-28, 70-38-35

E-mail: markelov@psu.karelia.ru

Статья поступила 04.03.2009 г.