

© **Б.Д. Ширанов, А.С. Булдаев, А.С. Титаренко**

Россия, Улан-Удэ, Бурятский государственный университет

© **Б.С. Будаев**

Россия, Улан-Удэ, Республиканский медицинский информационно-аналитический центр, Министерство здравоохранения Республики Бурятия

Анализ заболеваемости и смертности в Республике Бурятия на основе математического моделирования¹

Построены модели влияния показателей программы государственных гарантий обеспечения граждан РФ бесплатной медицинской помощью на показатели заболеваемости и смертности в Республике Бурятия на основе статистических данных. Модели позволяют объективно обосновывать взаимосвязи между показателями и давать количественные прогнозы.

© **B.D. Shirapov, A.S. Buldaev, A.S. Titarenko B.S. Budaev**

The analysis of disease and death rate in Republic of Buryatia on the basis of mathematical modelling

Models of influence of parameters of the program of the state guarantees of maintenance of citizens of the Russian Federation by free-of-charge medical aid on parameters of disease and death rate in Republic Buryatia are constructed on the basis of the statistical data. Models allow to prove objectively interrelations between parameters and to allow quantitative forecasts.

Введение

С конца 80-х гг. XX в. предпринимаются попытки реформирования отечественной системы здравоохранения. Главным объектом нововведений является система финансирования медицинского обслуживания. В это время в ряде регионов происходило внедрение так называемого нового механизма хозяйствования, менявшего порядок финансирования государственных лечебно-профилактических учреждений и их хозяйственной деятельности [1]. Целью нововведений было стимулирование системы к «саморазвитию». Считалось, что за счет механизмов, действующих на свободном рынке, а именно за счет создания условий для конкуренции, удастся избавиться от всех «болезней», оставшихся в наследство от старой системы.

Очевидным подходом к реформированию сложившейся системы в здравоохранении был анализ существующего мирового опыта по финансированию здравоохра-

нения и обеспечению эффективности его функционирования. В мире сложилось три основных модели финансирования системы здравоохранения.

Первая модель, прототипом которой собственно и была советская система здравоохранения, основывается на финансировании учреждений здравоохранения из государственного бюджета.

Вторая модель – это так называемая частная система, когда потребитель должен сам напрямую оплачивать оказанные ему медицинские услуги. Подобный подход был неприемлем для государства, одним из основных достижений которого считалось обеспечение социальной защищенности граждан.

И, наконец, третья модель – медицинское страхование. В этой модели происходит накопление средств в фонде обязательного медицинского страхования (ОМС), и затем из него производится оплата оказанных медицинских услуг.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты 05-01-00659, 07-01-90101), грантов РГНФ (проекты 07-02-62203а/Г, 06-02-05803в).

При разработке новой модели финансирования системы здравоохранения была выбрана третья модель, когда жизненно необходимый минимум медицинских услуг включается в обязательное ("государственное") медицинское страхование, то есть гарантирован всем гражданам, а услуги, не включенные в этот минимум, могут включаться в пакет добровольного ("частного") медицинского страхования, который может быть куплен желающими или способными его оплатить. Взносы на обязательное медицинское страхование за работающих граждан должны были уплачиваться работодателями в строго определенной доле от заработной платы, а за неработающих – местными органами власти.

К сожалению, при внедрении задуманной модели в жизнь она подверглась значительной трансформации. Часть видов медицинской помощи была выведена из системы обязательного медицинского страхования и оставлена на бюджетном финансировании. Основным аргументом в пользу данного выбора было то, что данные услуги либо слишком дорогостоящие, чтобы покрываться за счет страховой медицины (например - онкология, один онкологический больной может полностью разорить страховую медицинскую организацию, лишив остальных застрахованных возможности получить медицинскую помощь). Также были выведены социально значимые или опасные заболевания, так как считается, что надежнее оставить оказание данной помощи под полным контролем государства. Кроме того, оказание помощи при данных заболеваниях также должно быть гарантировано в силу опасности подобных больных для общества. Выведена была и скорая помощь, чтобы гарантировать ее оказание в любых случаях. Таким образом, в системе здравоохранения появилось многоканальное финансирование, появилось несколько источников, каждый из которых имел свои ограничения. Эффективное управление финансами на уровне учреждения здравоохранения при таких условиях возникнуть не могло. В результате такого решения были созданы предпосылки для разрушения преемственности между различными видами медицинской помощи.

Тарифы на медицинские услуги не от-

ражали реальную себестоимость этих услуг, несмотря на то, что в Федеральном законе о медицинском страховании было записано, что "... Тарифы должны обеспечивать рентабельность медицинских учреждений". Более того, тарифы устанавливались одинаковыми для всех медицинских учреждений – никакой конкуренции между медицинскими учреждениями по ценам на предлагаемые услуги не могло возникнуть. Механизм определения тарифов для медицинских учреждений заключается в простом арифметическом делении собранных средств на необходимый объем услуг. Для того, чтобы средств, собираемых в системе ОМС, хватало на оплату медицинских услуг, в структуру тарифа были включены только статьи расходов непосредственно на оказание медицинской помощи. В результате учреждениям возмещается только часть расходов на оказание медицинской помощи, причем зачастую в недостаточном объеме [1].

При внедрении схемы медицинского страхования был ликвидирован предусмотренный механизм свободного управления медицинскими учреждениями средствами, полученными в рамках системы ОМС, которая должна была бы обеспечить эффективность их использования. Во-первых, учреждения могли использовать средства ОМС только по "разрешенным" статьям. О развитии учреждения за счет средств ОМС далее речь уже не шла. Во-вторых, нормативы структур тарифов (нормативы расходов по "разрешенным" статьям), разрабатываемые на федеральном уровне, которые должны были бы послужить только ориентирами для формирования республиканских тарифов, стали жестко контролируемые показателями для учреждений здравоохранения. Более того, выполнение структуры тарифа начало рассматриваться как гарантия качества оказания медицинской помощи [2].

1. Постановка проблемы

Целью работы ставился анализ влияния территориальной программы государственных гарантий (ПГГ) обеспечения граждан РФ бесплатной медицинской помощью на показатели заболеваемости и смертности в Республике Бурятия. Для исследования

зависимостей и взаимосвязей между объективно существующими показателями ППГ и показателями смертности и заболеваемости использовался аппарат экономико-математического моделирования.

Имеющая информационная база исследования охватывала период с 1998 по 2006 гг. В качестве показателей ППГ выбирались данные о различных видах медицинской помощи, оказанной населению РБ в рамках территориальной ППГ, а именно: данные о поликлинической помощи (число врачебных посещений), данные о стационарной помощи (число койко-дней), данные о скорой медицинской помощи (число вызовов). Первые два вида медицинской помощи, как известно, финансируются за счет средств фонда ОМС, а третий – за счет средств бюджета. Все три вида медицинской помощи входят в ППГ и могут рассматриваться в модели как факторные признаки. В качестве результативных признаков рассматривались показатели заболеваемости (на 100 000 населения) и смертности (абсолютное число случаев).

2. Анализ заболеваемости

В качестве одной из задач исследования рассматривался анализ зависимости показателя заболеваемости от показателя обращаемости жителей республики в поликлиники. В качестве показателя *заболеваемости* (y) был выбран показатель общей заболеваемости на 100 000 населения в РБ. Соответственно, этот показатель был результативным признаком. В качестве показателя *обращаемости* (x) - абсолютное число обращений в поликлинические учреждения РБ (факторный признак).

Таблица 1. Данные о заболеваемости и обращаемости в поликлиники РБ с 1998 по 2006 гг.

Год	Обращаемость (x)	Заболеваемость (y)
1998	5813699	85548.2
1999	6178431	93031.9
2000	6359884	95168.2
2001	6626260	104917.9
2002	7163949	114402.0
2003	6942192	120436.5
2004	6923877	125999.4
2005	6701719	126495.7
2006	7231306	129133.1

Эти данные с 1998 по 2006 гг. приведены в таблице 1. На рис. 1 приведены эти же данные на диаграмме рассеяния.

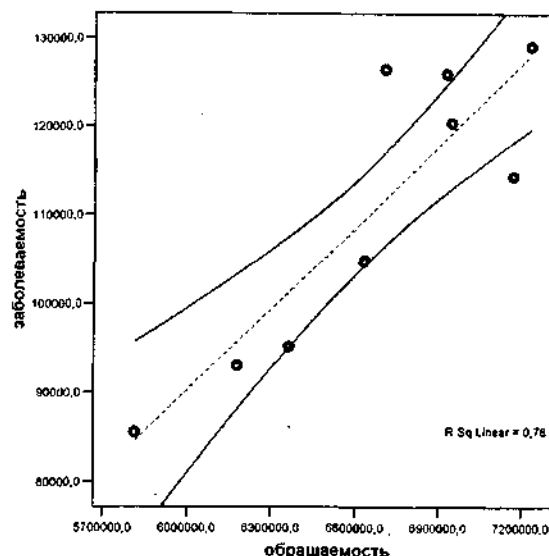


Рис. 1. Диаграмма рассеивания ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ-ОБРАЩАЕМОСТЬ с нанесенной линией регрессии (штриховая линия) и 95% доверительным интервалом для нее (сплошные линии).

По данным таблицы 1 построена однофакторная линейная модель зависимости заболеваемости (y) от обращаемости (x)

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x.$$

Параметры этой модели находились в результате решения системы нормальных уравнений, формируемой по методу наименьших квадратов. В результате модель принимает вид

$$\hat{y} = 0,031 - 94387,95x.$$

Направление связи между y и x , определяемое знаком коэффициента регрессии a_1 , говорит о прямой связи между обращаемостью и заболеваемостью. Теснота этой связи, определяемая коэффициентом корреляции (парным), равна

$$r_{yx} = \sqrt{1 - \frac{S_{yx}^2}{S_y^2}} = 0,88.$$

Полученное значение r_{yx} говорит о тесной связи между обращаемостью и заболеваемостью. Величина r_{yx}^2 , называемая коэффициентом детерминации, показывает долю изменения (вариации) результативного признака под действием факторного признака. В нашем случае $r_{yx}^2 = 0,78$. Это озна-

60 чает, что фактором обращаемости в поликлиники можно объяснить почти 78% изменения общей заболеваемости.

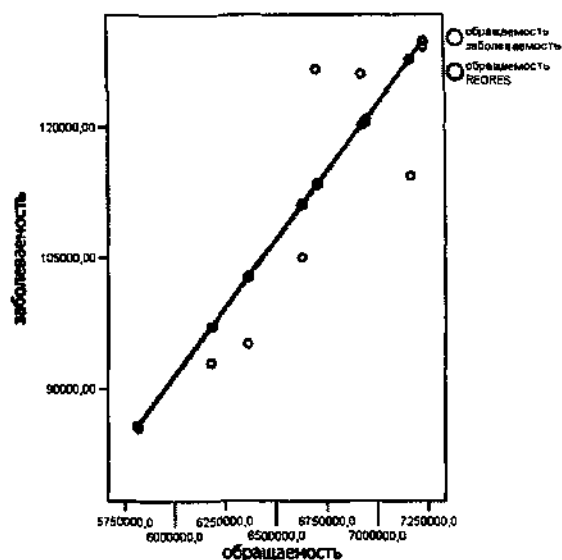


Рис. 2. Соотношение диаграмм рассеивания данных и регрессионной прямой.

Эти результаты можно интерпретировать двояким образом. С одной стороны, увеличение абсолютного числа обращений в поликлинические учреждения может говорить об улучшении обеспеченности ЛПУ персоналом, оборудованием и фондами (об интенсификации работы участковых врачей). С другой стороны, такое увеличение может быть следствием проводимой политики по замещению стационаров на более дешевый вид лечения – амбулаторное.

Таблица 2. Данные о заболеваемости, обращаемости в поликлиники и койко-местах в стационарах РБ с 1998 по 2006 гг.

Год	Обращаемость (x_1)	Стационары (x_2)	Заболеваемость (y)
1998	5813699	2502803	85548.2
1999	6178431	2457277	93031.9
2000	6359884	2539248	95168.2
2001	6626260	2633133	104917.9
2002	7163949	2605120	114402.0
2003	6942192	2626653	120436.5
2004	6923877	2718118	125999.4
2005	6701719	2664368	126495.7
2006	7231306	2669972	129133.1

Также была построена двухфакторная модель влияния *обращаемости* (x_1) и абсолютного числа койко-дней в *стационарах*

(x_2) на *показатель общей заболеваемости* (y) на 100 000 населения в РБ. Двухфакторная линейная модель зависимости заболеваемости (y) от обращаемости (x_1) и количества койко-дней в стационарах (x_2) выражается линейной функцией вида

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2.$$

В результате решения системы нормальных уравнений модель принимает вид $\hat{y} = -268158.359 + 0.016x_1 + 0.105x_2$.

Найдем бета-коэффициент, который покажет на какую часть своего среднее квадратического отклонения изменится в среднем значение результативного признака при изменении факторного признака на величину его среднее квадратического отклонения:

$$\beta_{yx_1} = \frac{a_1 S_{x_1}}{S_y} = 0,454, \quad \beta_{yx_2} = \frac{a_2 S_{x_2}}{S_y} = 0,547,$$

где S_{x_1}, S_{x_2}, S_y – среднее квадратические ошибки выборки величин x_1, x_2, y из таблицы 2 соответственно.

Для определения тесноты связи находились парные коэффициенты корреляции по формуле:

$$r_{yx_i} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y^2}}.$$

Таким образом, были получены коэффициенты, характеризующие связь заболеваемости с обращаемостью $r_{yx_1} = 0,883$ и объемами помощи, оказываемой в стационарах $r_{yx_2} = 0,903$, что характеризует связь как довольно сильную.

Далее рассчитывался коэффициент множественной корреляции

$$R_{yx_1 x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}}.$$

Мы получили значение $R_{yx_1 x_2} = 0,946$, что опять же показывает сильную связь между рассматриваемыми факторами. То есть показатели обращаемости в амбулаторно-поликлинические учреждения и объемов оказанной стационарной помощи почти на 95% объясняют изменение заболеваемости.

Если добавить в рассмотрение как фак-

торный признак объем оказания скорой медицинской помощи (x_3), то модель примет вид:

$$\hat{y} = -353139,292 + 0.018x_1 + 0.087x_2 + 0.384x_3.$$

Коэффициент множественной корреляции увеличится до 0,981, а совокупный коэффициент детерминации 0,962. Это означает, что изменение заболеваемости на 96% обусловлено совокупным влиянием показателей обращаемости в амбулаторно-поликлинические учреждения, объемов оказанной стационарной и скорой медицинской помощи.

3. Анализ смертности

Однофакторная линейная модель зависимости смертности (y) от обращаемости (x) принимает вид:

$$\hat{y} = 0,002x - 1351,45.$$

Находя коэффициент корреляции, получим значение $r_{yx} = 0,937$. В нашем случае коэффициент детерминации $r_{yx}^2 = 0,878$. Это означает, что изменение показателей смертности почти на 88% можно объяснить за счет фактора обращаемости в амбулаторно-поликлинические учреждения республики.

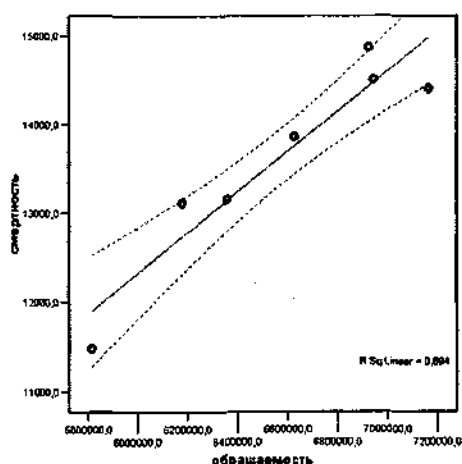


Рис 3. Диаграмма рассеивания СМЕРТНОСТЬ-ОБРАЩАЕМОСТЬ с нанесенной линией регрессии и 95% доверительным интервалом для нее.

Двухфакторная линейная модель зависимости смертности (y) от обращаемости (x_1) и объемами помощи, оказанной в стационарах (x_2) в результате решения системы нормальных уравнений, построенной по нашим данным, принимает вид:

$$\hat{y} = -4721,062 + 0.002x_1 + 0.002x_2.$$

Бета-коэффициенты примут значения:

$$\beta_{yx_1} = 0,823, \beta_{yx_2} = 0,157.$$

Приняв показатель смертности за результативный признак, были получены следующие характеристики: коэффициент корреляции с обращаемостью $r_{yx_1} = 0,937$, с объемами стационарной помощи $r_{yx_2} = 0,797$.

Коэффициент множественной корреляции в данном случае $R_{y_{x_1x_2}} = 0,942$. То есть связь между смертностью и показателями обращаемости и объемами оказанной стационарной помощи – сильная.

Введем в рассмотрение еще один фактор – оказание скорой медицинской помощи и проверим, повлияет ли он на полноту модели.

Рассчитав коэффициент множественной корреляции, получим то же число, что и для 2-факторной модели – 0,951. Поэтому введение как факторного признака объема оказания скорой медицинской помощи не считается целесообразным.

Для проверки адекватности (значимости) 2-факторной модели регрессии (зависимость смертности – y от обращаемости – x_1 и объемов стационарной помощи – x_2) использовался F-критерий Фишера. Расчетное значение F-критерия Фишера находится как отношение дисперсии исходного ряда наблюдений изучаемого показателя и несмещенной оценки дисперсии остаточной последовательности для данной модели. Расчетное значение $F_{расч} = 18,796$, а $F_{кр} = 4,15$ для уровня значимости 0,05. Так как $F_{расч} > F_{кр}$ модель признается значимой.

Для характеристики точности модели воспользуемся показателем средней относительной ошибки аппроксимации, который рассчитывается по формуле:

$$\bar{\varepsilon}_{отн} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%.$$

В нашем случае $\bar{\varepsilon}_{отн} = 0,14\%$, это очень хороший результат (ошибка менее 5% уже говорит об удовлетворительном выборе модели).

Для проверки значимости 2-факторной модели регрессии (зависимость заболевае-

62 мости – у от обращаемости – x_1 и объемов стационарной помощи – x_2) также используем F-критерий Фишера. Расчетное значение $F_{расч} = 25,475$, а критическое для уровня значимости $\alpha = 0,05$ равно $F_{кр} = 4,15$. Поскольку $F_{расч} > F_{кр}$, следовательно, модель принимается.

Средняя относительная ошибка аппроксимации для этой модели $\bar{\varepsilon}_{отн} = 1,11\%$, что говорит о достаточно высокой точности модели.

4. Прогнозирование по моделям

Построенные модели могут служить основой для прогнозов. Для прогнозирования показателей заболеваемости и смертности в РБ на 2007 – 2008 гг. нам необходимо предварительно спрогнозировать значения факторных признаков (обращаемости и стационаров). Если принять гипотезу об инерционном развитии системы финансирования ПГГ (сохранении существующих тенденций), то для получения прогнозных значений обращаемости и стационаров можно использовать линейный тренд.

Построим трендовую модель для показателя оказания стационарной помощи $y(t)$. После решения системы нормальных уравнений она примет вид:

$$y(t) = 27353,483t - 52159818,966,$$

где t – год по григорианскому календарю.

Таблица 3. Наблюдаемые и прогнозные данные по стационарной помощи (койко-дней)

Год	Стационар	Тренд
1998	2502803	2492441
1999	2457277	2519794
2000	2539248	2547148
2001	2633133	2574501
2002	2605120	2601855
2003	2626653	2629208
2004	2718118	2656562
2005	2664368	2683915
2006	2669972	2711269
2007		2738622
2008		2765976

В таблице 3 представлены значения найденные по тренду в сравнении с реальными (наблюдаемыми) данными. Прогноз

на 2007 – 2008 гг. выделен жирным шрифтом.

Построим трендовую модель для показателя обращаемости ($y(t)$) в поликлинические учреждения в РБ. В результате решения системы нормальных уравнений модель примет вид:

$$y(t) = 144736,833t - 283102994.$$

По данным таблицы 4 можно сравнить данные исследования с расчетными. Жирным шрифтом выделен прогноз на 2007 – 2008 гг.

Таблица 4. Наблюдаемые и прогнозные данные по обращаемости в поликлинические учреждения (число врачебных посещений)

Год	Обращаемость	Тренд
1998	5813699	6081199
1999	6178431	6225936
2000	6359884	6370673
2001	6626260	6515409
2002	7163949	6660146
2003	6942192	6804883
2004	6923877	6949620
2005	6701719	7094357
2006	7231306	7239094
2007		7383830
2008		7528567

Таблица 5. Динамика общей заболеваемости и смертности в РБ и прогноз на 2007 – 2008 гг.

Год	Заболеваемость	Смертность
1998	85548,2	11481
1999	93031,9	13114
2000	95168,2	13155
2001	104917,9	13858
2002	114402,0	14404
2003	120436,5	14511
2004	125999,4	14868
2005	126495,7	15144
2006	129133,1	13930
2007	137538,2	15524
2008	142726,2	15868

Теперь мы можем дать прогноз смертности и заболеваемости на 2007 – 2008 гг. (таблица 5). Используя 2-факторные модели смертности и заболеваемости получим: значение смертности на 2007 г. – 15524, на 2008 г. – 15868. Общая заболеваемость на

100000 населения на 2007 г. – 137538,2, на 2008 г. – 142726,2.

Заключение

В работе исследована зависимость основных управляемых показателей территориальной системы здравоохранения: обращаемости за медицинской помощью в поликлинические учреждения, стационарной помощи и вызовов скорой с показателями заболеваемости и смертности в РБ.

1. Показано, что показатель числа вызовов скорой помощи не имеет статистической зависимости с показателями заболеваемости и смертности.

2. Выявлена статистическая зависимость и построены регрессионные модели зависимости заболеваемости и смертности в РБ от числа обращений и стационарной помощи.

3. Сделан прогноз заболеваемости и смертности в РБ на 2007 – 2008 гг.

Очевидно, что для активного прогнозирования показателей заболеваемости и смертности необходимы дополнительные данные о показателях финансирования ПГГ. Причем показатели планируемые, а не фиксируемые к концу рассматриваемого

года. Это, например, планируемое поступление финансовых ресурсов на финансирование ПГГ, стоимость 1 страхового случая в системе ОМС, вероятность наступления страхового случая и т.п.

Возникает задача определения новых принципов к отбору входных статистических показателей в системе ППГ для объективного прогноза результирующих выходных показателей

При условии наличия подобных данных возможно построение более эффективных прогнозирующих моделей функционирования территориальной ПГГ.

Литература

1. Будаев Б.С., Хамаганова А.Г., Аюшиева Н.Д.-Н. Макроэкономический анализ ресурсов здравоохранения районов Республики Бурятия, Улан-Удэ: Вита Магистра РЦМП, 2004. – 153 с.

2. Методические рекомендации по порядку формирования и экономического обоснования территориальных программ государственных гарантий обеспечения граждан Российской Федерации бесплатной медицинской помощью. – Москва, 1998.