

УДК 614.2

**О.В. Жукова,**  
канд. фармацевт. наук, старший преподаватель  
кафедры управления и экономики фармации  
и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО  
«Нижегородская государственная медицинская  
академия» Минздрава России

**С.В. Кононова,**  
д-р фармацевт. наук, заведующая кафедрой  
управления и экономики фармации  
и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО  
«Нижегородская государственная медицинская  
академия» Минздрава России

**Т.М. Коньшикина,**  
канд. мед. наук, доцент кафедры общей и клинической  
фармакологии ФГБОУ ВО «Нижегородская  
государственная медицинская академия»  
Минздрава России

**O.V. Zhukova,**  
Candidate of Pharmaceutical Sciences, Senior Lecturer  
at the Department of Management and Economics  
of Pharmacy and Pharmaceutical Technology,  
Nizhny Novgorod State Medical Academy

**S.V. Kononova,**  
Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the  
Department of Management and Economics of Pharmacy  
and Pharmaceutical Technology, Nizhny Novgorod State  
Medical Academy

**T.M. Konyshkina,**  
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at  
the Department of General and Clinical Pharmacology,  
Nizhny Novgorod State Medical Academy

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЯ ТRENDA (НА ПРИМЕРЕ ФОРМИРОВАНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ В РЕГИОНЕ)

## TREND EQUATION PREDICTION IN MEDICAL AND PHARMACEUTICAL STUDIES (THE EXAMPLE OF RESPIRATORY DISEASES DEVELOPMENT IN CHILDREN IN THE REGION)

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Жукова Ольга Вячеславовна, канд. фармацевт. наук,  
ассистент кафедры управления и экономики фармации  
и фармацевтической технологии ФГБОУ  
ВО «Нижегородская государственная медицинская  
академия» Минздрава России  
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пл. Минина  
и Пожарского, 10/1  
Тел.: +7 (831) 465-09-27  
e-mail: ov-zhukova@mail.ru  
Статья поступила в редакцию: 19.12.2016  
Статья принята к печати: 31.03.2017

### CONTACT INFORMATION:

Olga Zhukova, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Senior  
Lecturer at the Department of Management and Economics  
of Pharmacy and Pharmaceutical Technology, Nizhny Novgorod  
State Medical Academy  
Address: 10-1, Square Minin and Pozharsky, Nizhny Novgorod, 603950,  
Russia  
Tel.: +7 (831) 465-09-27  
e-mail: ov-zhukova@mail.ru  
The article received: December 19, 2016  
The article approved for publication: March 31, 2017

**Аннотация.** В статье приведены аспекты прогнозирования заболеваемости на примере болезней органов дыхания среди детского населения Нижнего Новгорода. Материалами для исследования служили данные официальной статистики по количеству случаев болезней органов дыхания у детей в возрасте 0–14 лет в 2001–2015 гг. Прогнозирование проводили на основании анализа математической функции, описывающей линию тренда. Линии тренда представляют собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученное с помощью какой-либо математической функции. Выбор функции для построения линии тренда определяется характером изменения данных во времени. Процесс построения линии тренда состоит из трех этапов: ввод исходных данных в таблицу программы MS Excel, построение графика, выбор линии тренда и ее параметров. Простым подбором определена оптимальная математическая функция, которая наиболее приближенно отражает имеющуюся зависимость. Выбирается та функция, у которой для линии тренда коэффициент детерминации наибольший (но не менее 0,5000). Для анализируемой зависимости оптимальной является полиномиальная функция второй степени. Коэффициент

детерминации линии тренда в данном случае равен 0,9292. Также была определена точность прогноза предлагаемой нами математической функции на основании определения средней абсолютной ошибки прогноза MAPE, которая составила 3%. Точность прогноза на основании полиномиальной функции второй степени составила 97%, что является очень высоким показателем. На основании полученной зависимости был выполнен прогноз на 3-летний период. Использование математических и информационных методов может значительно повысить качество оказания медицинской помощи. Применение информационных технологий в настоящее время становится одним из ведущих факторов развития медицины. Однако не разработаны математические модели и вычислительные алгоритмы мониторинга, прогнозирования распространенности, развития и профилактики различных нозологий.

**Abstract.** The article discusses the incidence forecast on the example of respiratory diseases in children in Nizhny Novgorod. The study used the official statistics of the respiratory diseases prevalence in children of 0–14 age group in 2001–2015. Prediction analysis was based on the trend lines, which displayed the functions from the mean values of the analyzed indicators. The function selection was determined by the temporal data changes. The trend calculation involves three stages: data entry into an Excel spreadsheet, plotting a graph, the selection of a trend line parameters. Then a function is selected that approximates the correlation. The choice of the function is determined by the highest determination coefficient (not less than 0,5000). The correlation in question was best approximated by a second-degree polynomial interpolation. The trend line determination coefficient in this case was 0,9292. The predictive accuracy, that was determined as the mean absolute percentage error (MAPE), was 3%. The predictive accuracy based on a second-degree polynomial interpolation was 97%, which is very high. The found correlation was used in 3-year forecast. Mathematical techniques and informational technologies can significantly improve the quality of care. The information technology becomes one of the leading factors in healthcare development. However, mathematical models and computational algorithms for monitoring, predicting incidence, spread and prevention of various nosologies are still to be developed.

**Ключевые слова.** Прогнозирование, уравнение тренда, средняя абсолютная ошибка прогноза MAPE, точность прогноза.

**Keywords.** Prediction, trend equation, mean absolute percentage error MAPE, prediction accuracy.

## ВВЕДЕНИЕ

Болезни органов дыхания стабильно занимают одно из ведущих мест в структуре заболеваемости населения (как взрослого, так и детского). Так, распространенность болезней органов дыхания и первичная заболеваемость взрослого населения в Нижегородской области в 2014 г. составила в абсолютных цифрах 1 592 436 и 1 465 211; среди детского населения (до 14 лет) 831 121 и 810 772; среди подростков (14–17 лет) 92 620 и 87 517 соответственно.

По данным Института пульмонологии Минздрава России, ежегодный рост заболеваемости болезнями органов дыхания в России составляет 5–7% [1].

Болезни органов дыхания связаны со значительными экономическими потерями, которые определяются затратами по временной нетрудоспособности и инвалидности, а также смертностью [2; 3].

Показатели распространенности болезней органов дыхания по официальным статистическим данным, как правило, основываются на показателях, полученных при обращаемости пациентов в лечебные учреждения. Это не соответствует истинной распространенности заболеваний, так как многие больные не обращаются в медицинские учреждения по разным причинам или врачи не устанавливают диагноз на ранних стадиях и в случаях легкого течения болезни [4].

Пневмонии занимают значительную долю в структуре заболеваний органов дыхания у детей и подростков.

В последние десятилетия отмечается рост распространенности у детей хронической бронхолегочной патологии, в том числе и бронхиальной астмы.

Использование математических и информационных методов может значительно повысить качество оказания медицинской помощи. Применение информационных технологий в настоящее время становится одним из ведущих факторов развития медицины. Однако не разработаны математические модели и вычислительные алгоритмы мониторинга, прогнозирования распространенности, развития и профилактики различных нозологий.

**Целью данной работы** явилось изучение аспектов прогнозирования заболеваемости на примере болезней органов дыхания среди детского населения Нижнего Новгорода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для исследования служили официальные статистические данные по количеству случаев болезней органов дыхания (данные Росстата по Нижегородской области, 2016 г.).

Прогнозирование проводили на основании анализа математической функции, описывающей линию тренда.

Прогнозирование по обычному графику зачастую очень сложно или практически невозможно, так как коэффициент детерминации ( $R^2$ ) будет близок к нулю. Поэтому используют линию тренда. Линии тренда представляют собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученное с помощью какой-либо математической функции. Выбор функции для построения линии тренда обычно определяется характером изменения данных во времени.

Коэффициент детерминации принимает значения от 0 до 1. Чем ближе значение коэффициента к 1, тем сильнее зависимость. При оценке регрессионных моделей это интерпретируется как соответствие модели данным. Для приемлемых моделей предполагается, что коэффициент детерминации должен быть хотя бы не меньше 50% (в этом случае коэффициент множественной корреляции превышает по модулю 70%). Модели с коэффициентом детерминации выше 80% можно признать достаточно хорошими (коэффициент корреляции превышает 90%). Значение коэффициента детерминации 1 означает функциональную зависимость между переменными.

Основная проблема применения  $R^2$  заключается в том, что его значение увеличивается (не уменьшается) от добавления в модель новых переменных, даже если эти переменные никакого отношения к объясняемой переменной не имеют. Поэтому сравнение моделей с разным количеством факторов с помощью коэффициента детерминации некорректно. Для этих целей можно использовать альтернативные показатели.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс построения линии тренда состоит из трех этапов:

- 1) ввод исходных данных в таблицу программы MS Excel,
- 2) построение графика,
- 3) выбор линии тренда и ее параметров.

1. *Создание средствами программы MS Excel таблицы с исходными данными* (табл. 1). Исходные данные в настоящей работе – данные заболеваемости детей в возрасте 0–14 лет по болезням органов дыхания в 2001–2015 гг. (цифры отражают, сколько зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни) в Нижнем Новгороде.

2. На основании введенных данных *построение графика зависимости количества случаев заболеваний органов дыхания от временного периода, выраженного в годах* (рис. 1).

3. *Построение линии тренда*. Путем простого подбора определяется оптимальная математическая функция, которая наиболее приближенно отражает имеющуюся фактически зависимость. То есть вы-

Таблица 1

**Заболеваемость детей в возрасте 0–14 лет по основным классам болезней в 2001–2015 гг. (зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни)**

Год	Болезни органов дыхания
2001	590,6
2002	568,4
2003	572,3
2004	561,5
2005	545,1
2006	573,3
2007	590,6
2008	589,4
2009	678,3
2010	701,5
2011	730,5
2012	728,6
2013	776,2
2014	810,8
2015	797,9

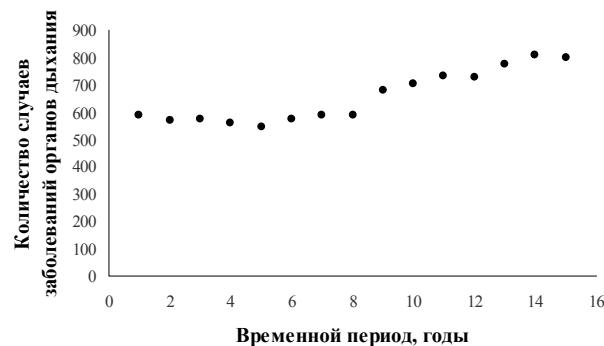


Рис. 1. График случаев заболеваний органов дыхания по годам

бирается та функция, у которой для линии тренда коэффициент детерминации наибольший (но не менее 0,5000) (табл. 2). Для анализируемой зависимости оптимальной является полиномиальная функция второй степени (рис. 2). Коэффициент детерминации линии тренда в данном случае 0,9292.

Таблица 2

**Коэффициенты детерминации линий тренда**

Математическая функция линии тренда	Коэффициент детерминации ( $R^2$ )
Линейная	0,8445
Экспоненциальная	0,8419
Логарифмическая	0,5630
Полиномиальная (второй степени)	0,9292
Степенная	0,5645

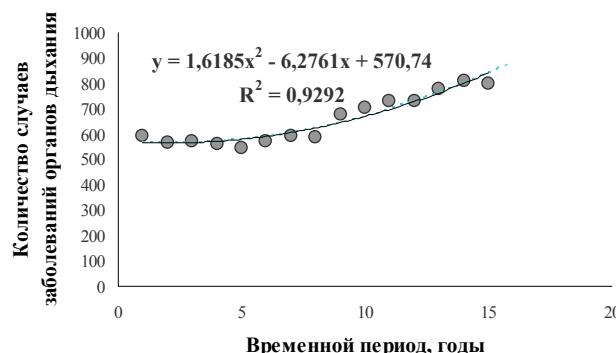


Рис. 2. Линия тренда графика случаев заболеваний органов дыхания по годам

4. Для возможности прогнозирования определение того, как соотносятся имеющиеся (фактические) данные со значениями тренда. Для этого рассчитываются значения полиномиальной функции второй степени  $y=cx^2+bx+a$ , а именно определяются коэффициенты  $c$ ,  $b$  и  $a$  согласно уравнению  $y=1,6185x^2-6,2761x+570,74$  ( $c=1,6185$ ,  $b=-6,2761$ ,  $a=570,74$ ).

Подставляя фактические значения случаев заболеваний органов дыхания в уравнение линии тренда, получаем значения тренда (рис. 3).

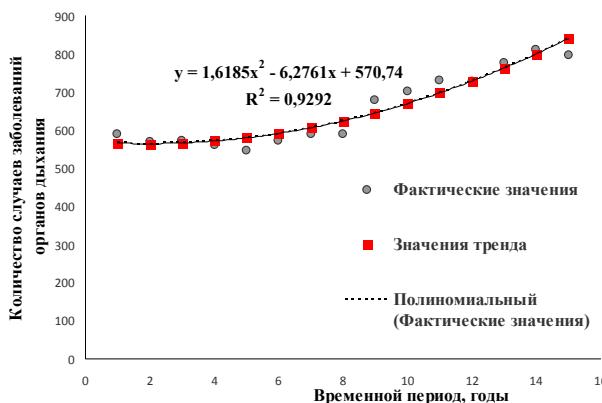


Рис. 3. Количество случаев заболеваний органов дыхания фактически и на основании линии тренда

5. Далее необходимо определить точность прогноза предлагаемой математической функции. Для этого ошибка модели рассчитывается как разность между фактическим и модельным значением (для каждой пары значений). Значение ошибки модели всегда берется по модулю. После этого определяется так называемая абсолютная ошибка, которая рассчитывается как частное от деления ошибки модели, взятой по модулю, на фактическое значение (для каждой пары значений). На следующем этапе определяется средняя абсолютная ошибка прогноза MAPE (mean absolute percentage error), которая находится как среднее значение полу-

ченных абсолютных ошибок. Значение MAPE характеризует величину, на которую теоретические уровни, рассчитанные по модели, в среднем отличаются от фактических. Для получения вывода о точности прогноза может быть использована следующая шкала (табл. 3).

Таблица 3

## Оценка точности прогноза по критерию MAPE

Значение средней абсолютной ошибки в процентах (MAPE)	Точность прогнозной модели
Менее 10%	Очень высокая
10–20%	Высокая
20–50%	Удовлетворительная
Более 50%	Неудовлетворительная

Точность прогноза определяется как разность между 1 и MAPE, умноженная на 100% (табл. 4).

Таким образом, получаем, что точность прогноза, составленного с использованием предлагаемой модели, а именно линии тренда в виде полинома второй степени, равняется 97%. Данное значение точности прогноза является высоким. Поэтому для прогнозирования формирования болезней органов дыхания на определенный временной интервал целесообразно использовать линию тренда, заданную полиномиальной функцией второй степени.

Таблица 4

## Определение точности прогноза

1	Данные для прогноза за анализируемые периоды	590,6
2	Значения прогнозной модели	600,0
3	е (ошибка модели) = Фактические данные – модельные значения =	25
4	Ошибка по модулю	25
5	Абсолютная ошибка	0,04
6	MAPE =	0,03
	Точность прогноза =	97%

Если нужно предположить, какие данные могли быть получены в следующем временном интервале, в окне «Формат линии тренда» указывается количество периодов, на которые делается прогноз. В итоге получаем графическое представление прогноза.

В настоящем исследовании выполнен прогноз на 3 года вперед. Используя уравнение тренда, получаем конкретные цифры для каждого года в 3-летнем периоде, выбранном для прогнозирования (табл. 5). В данном случае имеются результаты по количеству заболеваний органов дыхания у детей

Таблица 5

**Прогнозируемое количество заболеваний органов дыхания на основании уравнения тренда**  
 $y=1,6185x^2-6,2761x+570,74$

№ п/п – год в прогнозируемом периоде	x	$y=1,6185x^2-6,2761x+570,74$
1 – 2016	16	<b>885</b>
2 – 2017	17	<b>932</b>
3 – 2018	18	<b>982</b>

за 15 лет (2001–2015 гг.) – 15 значений. Следовательно, для следующего прогнозируемого значения (для 2016 г.)  $x$  будет равен 16.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена методика использования уравнения тренда для прогнозирования показателей по количеству заболеваний органов дыхания на основании имеющихся статистических данных. Для анализируемой зависимости оптимальной является полиномиальная функция второй степени  $y=1,6185x^2-6,2761x+570,74$ . Коэффициент детерминации линии тренда в данном случае равен 0,9292. Далее была определена точность прогноза предлагаемой математической функции на основании определения средней абсолютной ошибки прогноза MAPE, которая составила 3%. Точность прогноза на основании полиномиальной функции третьей степени составила 97%, что является очень

высоким показателем. На основании полученной зависимости был выполнен прогноз на 3-летний период.

## Список литературы

- Чучалин А.Г. Белая книга. Пульмонология. М.; 2000: 47. [Chuchalin A.G. White Paper. Pulmonology. Moscow, 2000: 47 (in Russian).]
- Баранов А.А., Щеплягина Л.А. Состояние здоровья детей как фактор национальной безопасности. *Ros. педиатр. журнал*. 2005; 2: 4–8. [Baranov A.A., Scheplyagina L.A. The children health as a national security factor. *Ros. Pediatr. Journal*. 2005; 2: 4–8 (in Russian).]
- Мизерницкий Ю.Л., Каганов С.Ю., Царегородцев А.Д., Корсунский А.А. Детский научно-практический центр Министерства здравоохранения Российской Федерации: состояние и ближайшие перспективы. *Ros. вестн. перинатол. и педиатрии*. 2002; 5: 59–62. [Mizernitsky Y.L., Kaganov S.Y., Tsaregorodcev A.D., Korsunskiy A.A. Children Scientific and Practical Center of the Russian Federation Ministry of Health: current state and near-term prospects. *Ros. Vestnik. Perinatol. and Pediatrics*. 2002; 5: 59–62 (in Russian).]
- Модестов А.А., Сокович О.Г., Терлецкая Р.Н. Современные тенденции заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения Российской Федерации. *Сибирское медицинское обозрение*. 2008; 6(54): 3–8. [Modestov A.A., Sokovich O.G., Terletskaya R.N. Modern trends in the incidence of respiratory diseases of children's population of the Russian Federation. *Siberian medical review*. 2008; 6(54): 3–8 (in Russian).]