

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.15838/esc.2019.2.62.7

УДК 330.43, ББК 65.054

© Стельмах В.С.

## Методические аспекты прогнозирования вероятности банкротства на примере фармацевтических предприятий



**Вениамин Сергеевич  
СТЕЛЬМАХ**

Хабаровский государственный университет экономики и права  
Хабаровск, Российская Федерация, 680042, ул. Тихоокеанская, д. 134  
E-mail: Vs-stel@ya.ru

**Аннотация.** В развитии промышленных предприятий всегда присутствует вероятность наступления кризиса, следовательно, для непрерывного и устойчивого функционирования необходима разработка превентивных инструментов, способных заблаговременно прогнозировать кризисные процессы. В работе решается задача разработки и апробации модели оценки вероятности банкротства на основе аппарата логистической регрессии для устойчивого развития отечественных предприятий промышленности. Исследование проведено на примере фармацевтической отрасли, а методика разработки и апробации может быть применена в других отраслях промышленности. В работе приведены этапы разработки модели (формирование предикторов, корреляционный и регрессионный анализ) и ее апробации (оценка статистических параметров, сравнительный анализ с существующими моделями). Использование логистической модели оценки банкротства позволяет анализировать зависимость между индикаторами экономического состояния предприятия и степенью его банкротства, кроме того, такая модель количественно может определить вероятность банкротства промышленного предприятия. Достоверность и обоснованность представленных результатов подтверждается обобщением теоретико-методологических исследований специалистов в данной области, прикладные результаты базируются на большом объеме финансовой информации отечественных фармпредприятий и подтверждаются использованием признанных в научном сообществе алгоритмов экономико-математического моделирования. В процессе исследования использовались показатели экономического

**Для цитирования:** Стельмах В.С. Методические аспекты прогнозирования вероятности банкротства на примере фармацевтических предприятий // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 2. С. 115-127. DOI: 10.15838/esc.2019.2.62.7

**For citation:** Stel'makh V.S. Methodological aspects of predicting the probability of bankruptcy on the example of pharmaceutical companies. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 115-127. DOI: 10.15838/esc.2019.2.62.7

состояния на основе публичной отчетности 266 фармацевтических предприятий, сто из которых вошли в разработку модели, а остальные — для ее апробации. Разработанная модель способна прогнозировать вероятность банкротства предприятий фармацевтической промышленности за два года до его наступления. Малый объем вычислений и отсутствие узкоспециализированных расчетов позволяют оперативно получать информацию об экономическом состоянии, а универсальность расчета дает возможность проводить сравнительный анализ предприятий в разрезе одной отрасли.

**Ключевые слова:** антикризисное управление; моделирование; логистическая регрессия; вероятность банкротства; корреляционно-регрессионный анализ; метод исключения; промышленные предприятия; фармацевтическая отрасль.

### Введение

В развитии промышленных предприятий всегда присутствует вероятность наступления кризиса. Важнейшей задачей антикризисного управления является не допустить кризис, вызванный ошибками управления, а в условиях объективно развивающихся кризисных процессов — обеспечить их наиболее безболезненное прохождение [1]. Следовательно, кризисные процессы должны оперативно обнаруживаться с целью их предотвращения и сохранения функционирования промышленных предприятий, так как ранняя идентификация кризиса способствует минимизации потерь в ходе управления.

Целесообразно для идентификации кризиса применять модели оценки банкротства, но методической проблемой такого процесса является учет отраслевых особенностей. Игнорирование такой информации может привести к некорректной оценке и, как следствие, к ускоренному развитию кризисных процессов на предприятиях [2]. В данной статье объектом исследования являются фармацевтические предприятия. Выбор фармацевтической промышленности обусловлен её интенсивным развитием, стратегическим значением для государства, населения и отсутствием на сегодняшний день инструментария для оценки банкротства в данной отрасли [3].

Для определения функционального вида связей между индикаторами экономического состояния и степенью банкротства промышленного предприятия применяются методы корреляционно-регрессионного анализа. Распространёнными методами оценки банкротства являются методы, основанные на дискриминантном анализе и логистической регрессии.

Как следствие, поставлена задача разработки и апробации через эконометрическое моделирование новой модели оценки банкротства, адаптированной на российских фармацевтических предприятиях.

### Обзор литературы

В экономической науке моделирование и оценка вероятности банкротства возникли в 1940-х гг. В работах того времени модели использовались ограниченно: только для оценки кредитоспособности и в мониторинге кредитных рисков. Так, к примеру, D. Duran разработал модели кредитного скоринга (credit-score), куда входили лишь финансовые аспекты деятельности предприятия, такие как платежеспособность и кредитная нагрузка [4].

Активное развитие исследуемого направления происходило в 1960-х гг. E. Altman при разработке моделей оценки банкротства стал использовать дискриминантный анализ [5]. Было установлено, что базовым условием применения такого анализа для моделирования является подчинение дискриминантных переменных многомерному нормальному закону, а модель представляет собой зависимость степени банкротства от базовых финансовых коэффициентов предприятия. Отметим, что в определенных выборках по предприятиям-банкротам нормальное распределение сложно определить либо оно вовсе не выполняется [6–8]. Кроме того, при расчете интегрального показателя в моделях зарубежных [8–10] и российских [11–14] экономистов присутствует интервал неопределенности, при попадании в который невозможно сделать однозначное заключение о вероятности банкротства предприятия.

Помимо дискриминантного анализа с 1980-х гг., к примеру в работе J. Ohlson [15], модели стали разрабатываться на основе аппарата логистической регрессии (logit-модели). Как отмечено в исследованиях [15–17], в процессе построения logit-моделей отсутствует проблема «неопределенности», так как происходит расчет значения непрерывной зависимой переменной, которая принимает значения в интервале от нуля до единицы. Для создания таких моделей необходим массив данных и о предприятиях, признанных банкротами, и о действующих предприятиях [18–21]. Следовательно, logit-модели дают возможность анализировать зависимость между индикаторами экономического состояния предприятия и вероятностью его банкротства, а другие модели лишь относят предприятие к определенной группе по степени банкротства. В отличие от них logit-модели могут не только относить предприятие к определенной группе, но и количественно определять вероятность банкротства, тем самым являясь более гибкими, чем их аналогии.

Несмотря на преимущества logit-моделей, в работах [22–24] отмечаются определенная субъективность при расчете порога вероятности банкротства и присутствие мультиколлинеарности предикторов, являющейся фактором снижения точности модели. Такая проблема обусловлена национальными особенностями учетной политики и отраслевыми особенностями предприятий, что подтверждается и отечественными исследованиями.

Российские ученые, продолжившие развитие данного направления, внесли большой вклад в разработку отечественных моделей и выполнение сравнительного анализа с зарубежными моделями [11, 12, 20, 21]. Анализ этих работ показал, что авторы сходятся во мнении о значительной погрешности зарубежных методик прогнозирования вероятности банкротства и о том, что среди применяемых методик более высокой точностью в оценке обладают модели на основе дискриминантного анализа и логистической регрессии. Применение же моделей для различных отраслей промышленности приводит к некорректности результатов исследования, так как каждая отрасль имеет свои особенности, влияющие на включение показателей в модель и их весовые коэффициенты.

## 1. Этапы разработки логистической модели оценки банкротства

При оценке банкротства с помощью logit-модели предполагается оценка вероятности банкротства в зависимости от показателей деятельности предприятия. Сама природа такой модели заключается в наличии линейной зависимости между натуральным логарифмом интегрального показателя экономического состояния (отклика) и линейной комбинацией показателей функционирования предприятия [15; 22], что выражается следующей формулой:

$$\ln\left(\frac{S}{1-S}\right) = a_0 + \sum a_i k_i, \quad (1)$$

где  $S$  – вероятность банкротства предприятия,  $S/(1-S)$  – коэффициент несогласия, определяющий, во сколько раз чаще отклик принимает значения 1, чем 0;  $k_i$  – предиктор (коэффициент, характеризующий определенную сторону экономического состояния);  $a_0$  – свободный член;  $a_i$  – весовой коэффициент каждого предиктора.

Представленное уравнение отражает линейную зависимость вероятности банкротства в зависимости от набора значений экономических коэффициентов предприятия. Теоретически, независимо от коэффициентов регрессии  $a_i$  и предикторов  $k_i$ , модель принимает любые значения. Отметим, что термин logit произошел от того, что уйти от линейности в данной модели можно с помощью logit-преобразования, тем самым значение модели будет находиться на отрезке  $[0, 1]$ , что свидетельствует о нахождении вероятности банкротства, где  $0$  – минимальная вероятность, а  $1$  – максимальная. Для интерпретации коэффициентов и упрощения представления рассматриваемой модели обычно используют экспоненциальную форму (экспонируются части уравнения) записи модели:

$$S = \frac{e^{a_0 + \sum a_i k_i}}{1 + e^{a_0 + \sum a_i k_i}} = \frac{1}{1 + e^{-a_0 - \sum a_i k_i}}. \quad (2)$$

Таким образом, первым этапом построения модели оценки банкротства с применением аппарата логистической регрессии является формирование предикторов ( $k_i$ ).

### 1.1. Формирование массива предикторов

Информационной базой для построения модели является финансовая отчетность

фармацевтических предприятий<sup>1</sup>. В формируемой выборке показатели были рассчитаны по двум группам предприятий:

1. 72 действующие предприятия, по состоянию на начало 2018 г. (исключены предприятия, находящиеся в процессе ликвидации или реорганизации через формы слияния, разделения и присоединения к другому юридическому лицу, а также находящиеся в процедурах банкротства), по которым  $S=0$ .

2. 28 предприятий, признанных банкротами в период с 2004 по 2017 г., по таким предприятиям  $S=1$ .

На наш взгляд, при формировании массива предикторов необходимо проводить динамический анализ показателей, который позволяет определить развитие отрасли и кризисные периоды. Так, к примеру, за счет кризисных процессов, происходивших в российской экономике в 2014–2015 гг., показатели предприятий имели резкие изменения, что вызывало ухудшение общего экономического состояния, при этом фармпредприятия банкротами не становились. Следовательно, расчет показателей по таким нетипичным периодам может привести к некорректным значениям модели и ее низкому качеству.

Для предприятий-банкротов показатели рассчитаны за два года до признания предприятия банкротом (к примеру, если предприятие признано банкротом в 2015 г., то расчет предикторов для массива производился по итогам 2012 г.). Считаем, что двухлетний период является оптимальным для реализации антикризисных мероприятий в целях сохранения функционирования промышленных предприятий. А для предприятий первой группы не использовались данные за 2014–2015 гг. (кризисные периоды) и с 2016 г. (не прошел двухгодичный лаг). Целесообразно использовать данные за 2013 год, считающиеся более актуальными на сегодняшний день, а сам период — достаточно благоприятным для фармацевтической отрасли.

Таким образом, горизонт прогнозирования разрабатываемой модели составляет два года.

<sup>1</sup> С отчетностью фармацевтических предприятий можно ознакомиться на официальных сайтах компаний, порталах раскрытия корпоративной информации и в системе профессионального анализа рынков и компаний информационной группы «Интерфакс» (СПАРК).

Отметим, что в существующих моделях наблюдается короткий срок прогнозирования [21; 23], когда предприятие не успевает «подготовиться» к кризису, либо увеличение горизонта прогноза [18; 19], снижающее точность модели, так как распределение исходов для двух групп предприятий становится одинаковым.

В итоге сформированная выборка представляет собой массив данных на определенную отчетную дату, где  $i$ -му фармацевтическому предприятию соответствует набор показателей его деятельности  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , а в зависимости от статуса ( $S$ ) — действующее предприятие либо банкрот — проставляется 0 или 1 соответственно.

Следует подчеркнуть, что после разработки модели логистической регрессии может возникнуть проблема с низкой точностью прогноза, причиной которой является недостаточный объем исторической выборки (наблюдается в разработках моделей [11; 14; 21; 24]). Выбор минимального объема выборки зависит от распределения значений зависимой переменной. При нормальном распределении для описания систем любой сложности достаточно девять или десять предикторов, где на каждый предиктор необходимо задавать не менее десяти наблюдений [25].

Таким образом, историческая выборка будет включать 100 предприятий. Одним из ограничений при создании логистической модели является малый объем предприятий-банкротов и отчетности по ним, как следствие, было отобрано 58 банкротств (половина выборки использовалась для разработки, оставшиеся — для апробации). Глубокого анализа в отношении того, в каких пропорциях отбирать действующие предприятия и банкроты, в исследованиях не проводится, критерием качества выборки все же остается полученная точность модели. Как можно заметить, авторы либо соотносят в равных объемах данные группы [5, 7, 13, 15, 21], либо в выборке преобладают действующие предприятия [6, 7, 12, 14, 18–20], так как по факту число предприятий, прошедших процедуру банкротства, в отрасли всегда меньше, чем нормально функционирующих. Добавим также, что попадание предприятий в историческую и тестируемую выборки было произведено случайным образом.

На основе представленных положений сформируем выборку показателей по данным финансовой отчетности ста фармацевтических предприятий. Для этого необходимо выбрать из множества показателей те, которые обладают следующими свойствами:

1) имеют экономический смысл и дают информативное, непротиворечивое представление об экономическом состоянии;

2) не являются узкоспециализированными показателями и рассчитываются по данным публичной отчетности;

3) соответствуют сущности модели оценки банкротства и целям и задачам антикризисного управления промышленными предприятиями.

Таким образом, было выделено 18 показателей, характеризующих с различных сторон, состояние предприятий (ликвидность, рентабельность, структура активов и капитала, финансовая устойчивость): обеспеченность собственными оборотными средствами ( $K_1$ ), маневренность собственных оборотных средств ( $K_2$ ), доля дебиторской задолженности в активах ( $K_3$ ), доля краткосрочных обязательств в структуре капитала ( $K_4$ ), соотношение иммобилизованных и мобилизованных средств ( $K_5$ ), текущая ликвидность ( $K_6$ ), быстрая ликвидность ( $K_7$ ), абсолютная ликвидность ( $K_8$ ), финансовый леверидж ( $K_9$ ), финансовая зависимость ( $K_{10}$ ), покрытие заемного капитала ( $K_{11}$ ), доходность капитала ( $K_{12}$ ), валовая рентабельность ( $K_{13}$ ), рентабельность активов ( $K_{14}$ ), рентабельность собственного капитала ( $K_{15}$ ), рентабельность продаж ( $K_{16}$ ), рентабельность оборотных активов ( $K_{17}$ ), степень платежеспособности ( $K_{18}$ ).

В выборку не вошли показатели оборачиваемости, так как они имеют заниженные значения на промышленных предприятиях. Вместо них включены показатели ликвидности и рентабельности, оперативно реагирующие на изменение экономического состояния предприятий.

Далее необходимо проверить выбранные показатели на нормальность распределения. Для проверки гипотезы о принадлежности исследуемой выборки нормальному закону распределения (эмпирическое распределение соответствует ожидаемому распределению) воспользуемся тестом Колмогорова—Смирнова.

Исключение показателей из дальнейшего расчета следует определять по уровню зна-

чимости. Если  $p > 0,05$ , то исследуемое эмпирическое распределение соответствует нормальному распределению, в противном случае распределение отличается от нормального. Так, к примеру, распределение значений переменных  $K_1$  и  $K_3$  статистически не отличается от нормального, так как  $p > 0,05$  и вероятность ошибки является незначительной. У переменной  $K_2$  уровень значимости ниже установленного уровня, следовательно, значения плохо подчиняются нормальному распределению и необходимо исключить данный показатель из дальнейшего построения модели.

Таким образом, по итогам теста на нормальность распределения в дальнейшей разработке модели остаются следующие показатели:  $K_p$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ ,  $K_6$ ,  $K_7$ ,  $K_{10}$ ,  $K_{11}$ ,  $K_{13}$ .

## 1.2. Корреляционный анализ

В рамках данного этапа необходимо:

1) составить матрицу парных коэффициентов корреляции;

2) выявить с использованием шкалы Чеддока взаимно коррелирующие коэффициенты (отрицательное значение свидетельствует о противоположной связи между переменными), один из которых исключается из дальнейшего расчета; данное сокращение используемых показателей позволяет уменьшить их количество, при этом уровень оценки экономического состояния предприятия не снижается;

3) отобрать коэффициенты, не имеющие сильной и тесной связи, при которых критический уровень значения коэффициента корреляции составляет не более 0,7. Выбранные коэффициенты являются основой дальнейшего построения уравнения логистической регрессии.

В ходе анализа матрицы парных коэффициентов корреляции, представленной в *таблице 1*, целесообразно исключить из дальнейшего исследования  $K_p$ ,  $K_4$ ,  $K_6$ . Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами ( $K_1$ ) имеет тесную связь с коэффициентом покрытия заемного капитала ( $K_{11}$ ) и коэффициентом текущей ликвидности ( $K_6$ ). В свою очередь  $K_6$  имеет высокий парный коэффициент с большинством показателей. Помимо наличия тесной связи с  $K_6$ , у доли краткосрочных обязательств в структуре капитала ( $K_4$ ) наблюдается высокая взаимозависимость и с коэффициентом финансовой зависимости ( $K_{10}$ ).

Таблица 1. Матрица парных коэффициентов корреляции

K	K <sub>1</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>13</sub>
K <sub>1</sub>	1,000	0,306	-0,663	0,872	0,658	-0,606	0,813	0,179
K <sub>3</sub>	0,306	1,000	0,227	0,121	0,445	0,032	0,290	0,284
K <sub>4</sub>	-0,663	0,227	1,000	-0,717	-0,523	0,749	-0,438	-0,119
K <sub>6</sub>	0,872	0,121	-0,717	1,000	0,735	-0,588	0,762	0,154
K <sub>7</sub>	0,658	0,445	-0,523	0,735	1,000	-0,502	0,607	0,279
K <sub>10</sub>	-0,606	0,032	0,749	-0,588	-0,502	1,000	-0,673	-0,097
K <sub>11</sub>	0,813	0,290	-0,438	0,762	0,607	-0,673	1,000	0,052
K <sub>13</sub>	0,179	0,284	-0,119	0,154	0,279	-0,097	0,052	1,000

По итогам корреляционного анализа дальнейшая разработка модели логистической регрессии для оценки банкротства фармацевтических предприятий будет основываться на следующих коэффициентах, имеющих нормальное распределение, где парные коэффициенты корреляции между показателями не имеют тесной и сильной связи:

- 1) доля дебиторской задолженности в активах ( $K_3$ );
- 2) коэффициент быстрой ликвидности ( $K_7$ );
- 3) коэффициент финансовой зависимости ( $K_{10}$ );
- 4) коэффициент покрытия заемного капитала ( $K_{11}$ );
- 5) валовая рентабельность ( $K_{13}$ ).

### 1.3. Регрессионный анализ

Данный этап заключается в построении уравнения логистической регрессии. Необходимо отметить нецелесообразность наличия в уравнении свободного члена. С теоретической точки зрения, если все экономические индикаторы (предикторы) равны нулю, то оценка вероятности банкротства будет рассчитываться на основе величины свободного члена. В реальных экономических процессах при равенстве нулю всех индикаторов промышленное предприятие не функционирует, соответственно, оно признается недействующим.

Таким образом, в модели логистической регрессии будет отсутствовать свободный член, формулу 1 преобразуем в следующее уравнение:

$$S = \frac{e^{\sum a_i k_i}}{1 + e^{\sum a_i k_i}} = \frac{1}{1 + e^{-\sum a_i k_i}} \quad (3)$$

Построение уравнения регрессии осуществлялось методом исключения (отношения правдоподобия – backward) оставшихся коэф-

фициентов. Данный метод предполагает включение в регрессионное уравнение всех предикторов, в дальнейшем на каждом шаге происходит исключение наименее «полезных», то есть предикторов с минимальным значением  $F$ -статистики, причем это значение должно быть меньше заранее выбранного порога. Оценка по  $F$ -статистики позволяет исключить предикторы, которые оказывают на объясняемую переменную недостаточное влияние. В комплексе IBM SPSS Statistics 17.0, в котором выполняется расчет модели, рассчитывается величина  $p$ -value, а исключение предикторов заканчивается, когда все они будут удовлетворять выражению  $p_i < p$ , где  $p_i$  – уровень значимости каждого предиктора,  $p$  – пороговое значение в 0,01.

В таблице 2 приведены статистические характеристики выполняемого регрессионного анализа по построению логистической модели оценки банкротства. Исходя из представленных данных были исключены два предиктора, так как уровень значимости был больше порогового значения в 1%:

- 1) на первом шаге исключена доля дебиторской задолженности в активах ( $K_3$ ):  $0,683 > 0,01$  (условие  $p_i < p$  не соблюдается);
- 2) на втором шаге исключен коэффициент покрытия заемного капитала ( $K_{11}$ ):  $0,385 > 0,01$  (условие  $p_i < p$  не соблюдается).

Коэффициенты регрессионного уравнения ( $a_i$ ) определяют влияние соответствующих показателей (предикторов) на интегральный показатель экономического состояния промышленного предприятия. Исходя из этого коэффициент валовой рентабельности ( $K_{13}$ ) обладает наибольшим вкладом в величину итогового показателя. К последнему шагу значения статистики Вальда, как критерия значимости

Таблица 2. Параметры модели логистической регрессии

Шаг	Предиктор ( $K_i$ )	Весовой коэффициент предиктора ( $a_i$ )	Стандартная ошибка	Статистика Вальда	Число степеней свободы	Уровень значимости ( $p$ )
Шаг 1	$K_3$	-0,755	1,850	0,167	1,000	0,683
	$K_7$	-1,154	0,977	1,394	1,000	0,238
	$K_{10}$	2,336	0,807	8,378	1,000	0,004
	$K_{11}$	-0,479	0,576	0,693	1,000	0,405
	$K_{13}$	-4,183	1,449	8,332	1,000	0,004
Шаг 2	$K_7$	-1,339	0,891	2,259	1,000	0,133
	$K_{10}$	2,183	0,699	9,741	1,000	0,002
	$K_{11}$	-0,502	0,578	0,754	1,000	0,385
	$K_{13}$	-4,147	1,437	8,331	1,000	0,004
Шаг 3	$K_7$	-1,947	0,598	10,584	1,000	0,001
	$K_{10}$	1,984	0,633	9,829	1,000	0,002
	$K_{13}$	-3,970	1,415	7,875	1,000	0,005

каждого  $a_i$  для соответствующего предиктора, не имеют сильных отклонений между собой, что свидетельствует об адекватности модели.

Далее, при апробации модели и оценке полученных коэффициентов регрессионного уравнения, будет применен калибровочный тест, который определяет степень соответствия между оцененными вероятностями банкротства, спрогнозированными моделью, и реальными вероятностями дефолтов.

Таким образом, на основе статистического массива данных ста российских предприятий фармацевтической промышленности, разделенных на действующие предприятия и банкроты, с применением теста на нормальность распределения, корреляционного анализа и с помощью метода отношения правдоподобия была составлена логистическая модель, определяющая вероятность банкротства за два года до его наступления.

С целью совершенствования процедуры регрессионного анализа и, как следствие, повышения качества моделей оценки банкротства были уточнены методические аспекты построения:

1) использование массива данных по предприятиям одной отрасли: каждая отрасль имеет свои особенности функционирования, включение предприятий других отраслей изменяет уровни предикторов и создает разнонаправленность в оценке (аспект не учтен в моделях [15; 18–20]);

2) включение в исследование не менее четверти предприятий, признанных банкротами: малый объем фактических данных о банкротях занижает итоговую оценку (малый объем таких данных присутствует в моделях [19; 23; 24]);

3) добавление в процедуру анализа проверки на нормальность распределения каждого предиктора в массиве данных (отсутствует в моделях [17; 20; 22]).

В соответствии с формулой 2 и на основе данных таблицы 2 полученная логистическая модель имеет следующий вид:

$$S = \frac{1}{1 + e^{1,95K_{oi} - 1,98K_{fz} + 3,97K_{op}}}, \quad (4)$$

где  $S$  – вероятность банкротства (интегральный показатель экономического состояния фармацевтического предприятия),  $K_{oi}$  – коэффициент быстрой ликвидности (отношение оборотных активов за вычетом запасов к краткосрочным обязательствам),  $K_{fz}$  – коэффициент финансовой зависимости (доля заемных средств в структуре капитала),  $K_{op}$  – валовая рентабельность (отношения валовой прибыли к выручке от реализации).

Разработка logit-моделей не предполагает интервальную оценку итогового показателя ( $S$ ), так как рассчитывается точечная величина вероятности банкротства. Но следует отметить, что при использовании данной модели для принятия управленческих решений необходимо учитывать критические уровни. С применением методики [20] с учетом фактических

распределений значений модели по расчетной выборке были выделены два уровня, определяющие устойчивое (благоприятное) экономическое состояние ( $S < 20\%$ ) и зону острого кризиса на фармацевтическом предприятии ( $S > 80\%$ ).

**2. Апробация разработанной модели оценки банкротства**

Для возможности практического применения разработанной модели необходимо протестировать её на точность прогнозируемых результатов. На наш взгляд, процесс апробации целесообразно проводить в два этапа.

**2.1. Оценка статистических параметров полученной модели по исходной выборке**

Рассмотрим результаты наблюдаемых и предсказанных исходов (банкротств) при нулевой модели и конечной модели (табл. 3).

Нулевая модель представляет собой уравнение логистической регрессии, в котором весовые коэффициенты ( $a_i$ ) каждого предиктора равны нулю. В свою очередь, конечная модель получена методом исключения и отражена в формуле 4. Необходимо отметить, что граница для разделения предсказанных исходов составляет 50%, при этом 1 – предприятие признано банкротом, а 0 – действующее предприятие.

Полученная регрессионная модель обладает предсказательной способностью, если ее точность выше, чем точность нулевой модели. При первоначальной модели общий процент корректных предсказанных банкротств составляет 28%, но в конечной модели он возрастает почти в три раза – до 79%. Уточним, что рассматриваемая точность показывает степень корректных исходов, рассчитанных с помощью регрессионной модели по исторической (исходной) выборке фармацевтических предприятий.

Для обоснования адекватности модели рассмотрим статистические критерии оценки качества конечной модели.

Значение функции ( $-2\text{Log}L$ ) логарифма отношения правдоподобия в конечной модели снизилось на 41% в сравнении с начальной моделью и составило 81,23. Уменьшение данного показателя, являющееся результатом сравнения двух моделей, свидетельствует об улучшении прогностической способности модели.

Для оценки качества регрессионных моделей, как правило, используется коэффициент детерминации, но для логистических моделей коэффициент детерминации не служит базовым параметром определения точности в отличие от моделей линейной регрессии. Следовательно, рассчитан псевдокоэффициент детерминации Nagelkerke  $R$ -square – 0,582, являющийся аппроксимацией коэффициента детерминации с учетом функции  $-2\text{Log}L$  и  $X$ -square. Показатель характеризует степень изменения вероятности банкротства в зависимости от включенных в состав модели показателей, следовательно, изменение вероятности банкротства фармацевтических предприятий на 58,2% зависит от коэффициентов быстрой ликвидности, финансовой зависимости и валовой рентабельности. Низкие значения  $R$ -square для logit-моделей являются нормальным состоянием. В отличие от линейной регрессии, в логистической нельзя выдвинуть предположение о постоянстве дисперсии: дисперсия бинарной переменной зависит от частоты распределения значений самой переменной, поэтому вычисляемые коэффициенты детерминации являются приближенной мерой [11].

Таблица 3. Наблюдаемые и предсказанные исходы по исторической выборке

Нулевая модель		Предсказанные исходы		Процент корректных исходов
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	0	72	0
	1	0	28	100
Общий процент точности нулевой модели				28
Конечная модель		Предсказанные исходы		Процент корректных исходов
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	63	9	88
	1	12	16	57
Общий процент точности конечной модели				79

Следовательно, для дополнительной оценки модели и ее параметров рассмотрим калибровочный тест через критерий согласия через Hosmer–Lemeshow test. Данный критерий рассчитывает интервалы между наблюдаемыми и предсказанными распределениями количества действующих предприятий и предприятий банкротств. Значение рассматриваемого критерия должно быть выше уровня значимости в 0,05. В авторской модели уровень значимости составляет 0,31 (при  $X^2 = 9,39$  и  $df = 8$ ), что в шесть раз больше установленного.

Таким образом, рассмотренные характеристики свидетельствуют о том, что полученная модель хорошо откалибрована, имеет достаточную точность в прогнозировании банкротства и может эффективно применяться в практических расчетах.

## 2.2. Оценка точности и сравнительный анализ с существующими моделями на тестируемой выборке

Для подтверждения полученных результатов и применения разработанной модели на практике важным условием является ее апробация на фармацевтических предприятиях, не вошедших в начальную (историческую) выборку. Для второго этапа апробации был сформирован аналогичный массив данных об экономическом состоянии фармацевтических предприятий:

- 1) по 136 действующим предприятиям;
- 2) по 30 предприятиям, признанным банкротами.

В *таблице 4* представлены результаты применения авторской модели оценки банкротства с использованием исходной и тестируемой выборок. Граница разделения исходов сохраняется на уровне 50%.

Следует отметить, что граница отсечения в 50% весьма условна и неполно отражает точность модели. Предсказанная вероятность банкротств некоторых действующих предприятий колеблется вокруг данной границы. Так, к примеру, при повышении границы отсечения на 10 п.п. (до 60%) точность модели для действующих предприятий возрастает на 7 п.п., а общая точность модели для тестируемой выборки составляет 83%. Несмотря на это, процент корректных исходов по расчетам на каждой выборке колеблется на одном уровне, что характеризует адекватность модели.

Определив критерии точности разработанной модели, перейдем к её сравнительному анализу с другими распространенными моделями оценки банкротства, адаптированными на промышленных предприятиях.

Так как в сравнительном анализе используются logit-модели и MDA-модели, необходимым условием для корректного исследования является распределение предприятий на одинаковые группы по степени вероятности банкротства.

Для logit-моделей (авторская, Жданова [21], Хайдаршиной [20]) предусмотрено выделение пяти групп с одинаковым интервалом вероятности банкротства (по 20 п.п.), где группу «0–20%» характеризует минимальный риск банкротства, а «80–100%» – максимальный.

Группы вероятностей банкротства (пять групп) моделей Мурадова [11] и Иркутской [12] будут соответствовать аналогичным группам для логистических моделей. Группы вероятностей банкротства по модели Вишнякова [14] соответствуют группам «0–40%» с минимальным и «60–100%» с максимальным риском

Таблица 4. Наблюдаемые и предсказанные исходы по исторической выборке

Исходная выборка		Предсказанные исходы		Процент корректных исходов
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	63	9	88
	1	12	16	57
Общий процент точности исходной выборки				79
Тестируемая выборка		Предсказанные исходы		Процент корректных исходов
		0	1	
Наблюдаемые исходы	0	109	27	80
	1	8	22	73
Общий процент точности тестируемой выборки				79

Таблица 5. Распределение фармацевтических предприятий по группам вероятностей банкротства

Модель	Группы вероятностей банкротства					Итого предприятий
	0–20%	20–40%	40–60%	60%–80%	80–100%	
<i>Распределение фармацевтических предприятий, признанных банкротами</i>						
Авторская	4	2	4	3	17	30
Хайдаршиной	15	–	–	–	15	30
Колышкина	6	–	1	1	22	30
Жданова	11	1	–	–	18	30
Иркутская	10	–	1	–	19	30
Мурадова	5		8	17		30
Вишнякова	5		–	25		30
<i>Распределение действующих фармацевтических предприятий</i>						
Авторская	94	10	14	14	4	136
Хайдаршиной	122	4	–	1	9	136
Колышкина	85	12	11	13	15	136
Жданова	103	1	3	3	26	136
Иркутская	89	1	6	7	33	136
Мурадова	77		38	21		136
Вишнякова	56		–	80		136

банкротства. Предприятия-банкроты по модели Колышкина [13] будут входить в группу «60–100%», благополучные – «0–40%», зона неопределенности – оставшиеся группы.

Таким образом, было получено распределение фармацевтических предприятий тестируемой выборки по пяти группам для сравнительного анализа моделей по предприятиям, признанным банкротами, и по действующим предприятиям (табл. 5).

На наш взгляд, если в моделях используется расширенная группировка предприятий, то субъекту управления при выборе более точной модели и ее дальнейшем применении необходимо сравнивать долю предприятий, экономическое состояние которых было неверно спрогнозировано. К примеру, данный аспект очень важен при анализе предприятий-банкротов, когда необходимо выявить минимальную прогнозную вероятность банкротства при фактическом банкротстве. Некорректное прогнозирование может привести к ошибочной оценке экономического состояния предприятия, к отсутствию реализации антикризисных мероприятий и к скорейшей ликвидации бизнеса. Вследствие этого, расчет точности рассматриваемых моделей будет определяться следующей формулой:

$$P = 1 - \frac{\sum N_{S > S_k}}{N}, \quad (5)$$

где  $P$  – точность модели,  $N$  – общее количество предприятий,  $N_{S > S_k}$  – количество предприятий, где рассчитанная вероятность ( $S_i$ ) больше (меньше) установленного уровня ( $S_k$ ): для предприятий банкротов  $S < 40\%$ , для действующих предприятий  $S > 60\%$ . Интервал «40–60%» представляет зону неопределенности, среднюю вероятность для оценки, поэтому предприятия, попавшие в данный интервал, исключены из расчета точности.

Как видно по итогам расчета точности (табл. 6), общая точность только трех моделей выше 80%: это модель Колышкина, модель Хайдаршиной и модель, предложенная нами.

Существенными недостатками логистической модели Хайдаршиной является самая высокая предсказательная сила для действующих предприятий ( $P = 92,6\%$ ) и в то же время самая низкая – для банкротов ( $P = 50,0\%$ ), а также большое количество показателей в модели. Аналогичным «перекосом» прогнозирования обладает модель Вишнякова, показывающая самую маленькую точность для действующих предприятий ( $P = 41,2\%$ ) и один из лучших результатов по предприятиям, признанным банкротами ( $P = 83,3\%$ ).

Следует выделить модель Колышкина, показывающую относительно одинаковую точность по двум группам предприятий. Но так как данная модель построена на основе дискри-

Таблица 6. Точность моделей оценки банкротства фармацевтических предприятий, %

Модель	Предприятия-банкроты	Действующие предприятия	Все предприятия
Авторская	80,0	86,8	85,5
Хайдаршиной	50,0	92,	84,9
Колышкина	83,3	84,6	84,3
Жданова	80,0	79,4	79,5
Иркутская	60,0	78,7	75,3
Мурадова	66,7	70,6	69,9
Вишнякова	83,3	41,2	48,8

минантного анализа, невозможно определить точную вероятность банкротства, кроме того, 27,7% предприятий попадают в зону неопределенности (средняя вероятность), что затрудняет оценку и прогнозирование дальнейшего развития бизнеса (по авторской модели в группе «40–60%» попадает только 10,8% всех предприятий).

Авторская модель обладает самой высокой точностью ( $P = 85,5\%$ ) среди анализируемых моделей, не имеет сильных отличий в степени точности между действующими предприятиями и предприятиями-банкротами.

#### Заключение

В ходе исследования с помощью корреляционно-регрессионного анализа была разработана модель оценки вероятности банкротства промышленных предприятий (на примере предприятий фармацевтической промышленности) и проведена ее апробация.

Процесс построения и апробации основан на финансовой отчетности 266 отечественных фармацевтических предприятий, поэтому в полной мере учтены отраслевые аспекты. Отсутствие большого объема вычислений и узкоспециализированных расчетов позволяет оперативно получать информацию об экономическом состоянии. В модели используются три коэффициента, описывающие деятельность предприятия с различных сторон: ликвидность, финансовая устойчивость, рентабельность. Универсальность расчета дает возможность проводить сравнительный анализ экономического состояния предприятий в разрезе одной отрасли. Модель определяет вероятность банкротства за два года до его наступления, что дает достаточную возможность реализовать ан-

тикризисные мероприятия для сохранения и устойчивого развития бизнеса.

В статье обозначены также этапы и выделены методические аспекты построения модели оценки вероятности банкротства, не учтенные в существующих исследованиях, направленных на рост качества прогноза.

Необходимыми этапами в разработке модели являются проверка показателей на нормальность распределения и исключение показателей, имеющих тесную связь между собой, что повышает ее результативность. Целесообразно при апробации модели не только рассчитывать статистические параметры уравнения, но и проводить оценку точности на новой выборке предприятий и сравнительный анализ с существующими методиками.

Применение предложенной методики в мониторинге предприятий способствует высокой точности прогнозирования кризиса, раннему обнаружению его причин, недопущению банкротства и непрерывному развитию бизнеса. Алгоритмы разработки и апробации, рассмотренные в статье, могут быть применены и к другим отраслям народного хозяйства.

Материалы исследования могут быть использованы: собственниками и руководством предприятий с целью построения системы мониторинга; коммерческими банками при корпоративном кредитовании и мониторинге кредитного риска; консалтинговыми организациями и инвесторами для проведения аналитических исследований в промышленности и оценки инвестиционного климата; органами исполнительной власти при осуществлении промышленной политики и контрольно-надзорных функций.

## Литература

1. Ряховская А.Н., Кован С.Е. Антикризисное управление: современная концепция и основной инструментарий // *Управленческие науки*. 2015. № 3. С. 45-55. DOI: 10.26794/2304-022X-2015--3-45-55.
2. Стельмах В.С. Теоретико-методологические особенности антикризисного мониторинга // *KANT*. 2018. № 1. С. 225-229.
3. Стельмах В.С. Мониторинг стоимости компании в системе антикризисного управления фармацевтическим предприятием // *Управление экономическими системами*. 2017. № 6. URL: <http://uecs.ru/teoriya-upravleniya/item/4427-2017-05-29-10-52-43> (дата обращения: 25.10.2018).
4. Durand D. Risk elements in consumer installment financing : technical edition: *National Bureau of Economic Research*, 1941, 237 p.
5. Altman E. Financial ratios. Discriminant analysis, and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 1968, no. 4, pp. 589-609. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1968.tb00843.x.
6. Fulmer G.A Bankruptcy classification model for small firms. *Journal of Commercial Bank Lending*, 1984, pp. 25-37.
7. Beaver W. Financial ratios and predictions of failure. *Empirical Research in Accounting Selected Studies, Supplement to Journal of Accounting Research*, 1966, no. 6, pp. 71-87. DOI: 10.2307/2490171.
8. Lin L. Identification of corporate distress in UK industrials – a conditional probability analysis approach. *Journal of Applied Financial Economics*, 2004, no. 14, pp. 73-82. DOI: 10.1080/0960310042000176344.
9. Aziz M. Predicting Corporate Bankruptcy: Whither do we stand? *Corporate Governance*, 2006, no. 6, pp. 18-33. DOI: 10.1108/14720700610649436.
10. Dewaelheyns N. Aggregate bankruptcy rates and the macroeconomic environment: forecasting systematic probabilities of default. *Tijdschrift voor Economie en Management*, 2007, no. 4, pp. 541-545. DOI: 10.2139/ssrn.1025805.
11. Мурадов Д.А. Прогнозирование и оценка банкротства нефтегазовых компаний : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. М., 2011. 217 с.
12. Давыдова Г.В., Беликов А.Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // *Управление риском*. 1999. № 3. С. 13-20.
13. Кольшкин А.В. Прогнозирование развития банкротства в современной России : дис. ...канд. экон. наук : 08.00.05. СПб. 2003. 152 с.
14. Вишняков Я.Д. Оценка и анализ финансовых рисков предприятия в условиях враждебной окружающей среды бизнеса // *Менеджмент в России и за рубежом*. 2000. № 3. С. 106-111.
15. Ohlson J. Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 1980, no. 6, pp. 12-45. DOI: 10.2307/2490395.
16. Back B. Choosing bankruptcy predictors using discriminant analysis, logit analysis and genetic algorithms. *Proceedings of the 1st International Meeting on Artificial Intelligence in Accounting, Finance and Tax*, 1995, no. 4, pp. 337-356.
17. Gruszczynski M. *Modele Mikroekonometrii w Analizie i Prognozowaniu Zagrozenia Finansowego Przedsiębiorstw*. Warszawa: Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Ekonomicznych, 2003. 33 p.
18. Joo-Ha N. Bankruptcy prediction: evidence from Korea listed companies during the IMF crisis. *Journal of International Financial Management and Accounting*, 2000, no. 11, pp. 178-197. DOI: 10.1111/1467-646X.00061.
19. Minussi J. *Statistical Modelling to Predict Corporate Default for Brazilian Companies in the Context of Basel II Using a New Set of Financial Ratios*. Lancaster: Lancaster University Management School, 2007. 35 p.
20. Хайдаршина Г.А. Методы оценки риска банкротства предприятия : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.10. М., 2009. 253 с.
21. Жданов В.Ю. Диагностика риска банкротства промышленных предприятий : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. М. 2012. 193 с.
22. Begley J. Bankruptcy classification errors in the 1980s: An empirical analysis of Altman's and Ohlson's models. *Review of Accounting Studies*, 1996, no. 1, pp. 267-284. DOI: 10.1007/BF00570833.
23. Ginoglou D. Predicting corporate failure of problematic firms in Greece with LPM, logit, probit and discriminant analysis models. *Journal of Financial Management and Analysis*, 2002, no. 15, pp. 1-15.

24. Lennox C. Identifying Failing Companies: A Re-evaluation of the Logit-, Probit and DA Approaches. *Journal of Economics and Business*, 1999, no. 4, pp. 347-364.
25. Saaty T. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill, 1980. 287 p.

### Сведения об авторе

Вениамин Сергеевич Стельмах – аспирант, Хабаровский государственный университет экономики и права (680042, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 134; e-mail: Vs-stel@ya.ru)

Stel'makh V.S.

### Methodological Aspects of Predicting the Probability of Bankruptcy on the Example of Pharmaceutical Companies

**Abstract.** When it comes to the development of industrial enterprises, there is always the possibility of a crisis; therefore, for continuous sustainable operation it is necessary to develop preventive tools to predict the crisis processes in advance. The present paper covers the objective of developing and testing models for estimating the probability of bankruptcy based on logistic regression for sustainable development of domestic industrial enterprises. The study was conducted within the pharmaceutical industry, yet the methods of development and the testing technique can be applied in other industries. The paper presents the stages of model development (predictor formation, correlation and regression analysis) and its testing (evaluation of statistics parameters, comparative analysis with existing models). The use of the logistics model of bankruptcy assessment helps analyze the correlation between the indicators of enterprise's economic condition and its degree of bankruptcy. Moreover, such a model can quantify the probability of bankruptcy at an industrial enterprise. The reliability and validity of the presented results is confirmed by the generalization of theoretical and methodological studies of experts in this field, the applied results are based on a large amount of financial information of domestic pharmaceutical enterprises and confirmed by the use of algorithms of economic and mathematical modeling recognized in the scientific community. The study used indicators of economic condition based on public reporting of 266 pharmaceutical companies, where one hundred companies were engaged in model development and the rest – its testing. The developed model is able to predict the probability of bankruptcy of pharmaceutical enterprises two years ahead. The small amount of calculations and lack of highly technical calculations helps quickly obtain information about the economic condition and versatile calculation makes it possible to conduct a comparative analysis of enterprises in the context of one industry.

**Key words:** crisis management, modelling, logistic regression, probability of bankruptcy, correlation and regression analysis, elimination method, industrial enterprises, pharmaceutical industry.

### Information about the Author

Veniamin S. Stel'makh – Graduate Student, Khabarovsk State University of Economics and Law (134, Tikhookeanskaya Street, Khabarovsk, 680042, Russian Federation; e-mail: Vs-stel@ya.ru)

Статья поступила 29.10.2018.