

УДК 622:553.43:001.572

А.А. Пешков, Н.А. Машко

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПОВ РОСТА ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ МЕДИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕДНОРУДНОГО СЫРЬЯ РОССИИ *

Приведена модель оценки темпов роста минерально-сырьевого сектора, основанная на вероятностном подходе к оценке доступности месторождений полезных ископаемых. Приведены результаты оценки вероятных темпов роста меднорудной отрасли России с учетом состояния сырьевой базы, процессов выбытия и ввода новых мощностей, а также влияния научно-технического прогресса.

Ключевые слова: доступность запасов, вероятность вовлечения месторождений в разработку, научно-технический прогресс, темпы роста.

Вопросы, связанные с оценкой темпов экономического роста на основе развития минерально-сырьевого сектора, представляют существенный интерес для России, так как добавленная стоимость сырьевых отраслей составляет значительную долю валового внутреннего продукта. По официальным данным Росстата доля добычи полезных ископаемых в валовой добавленной стоимости в 2010 году [1] составила 10,4 %. Другие источники, цитируя слова Президента РФ Дмитрия Медведева на совещании по вопросам развития энергетики в Омске, отмечают, что только «топливно-энергетический комплекс обеспечивает почти треть валового внутреннего продукта страны и около 40% всех налоговых и таможенных поступлений в бюджет» [2].

В структуре экспорта России [3] в 2010 году доля минерального сырья с

учетом первичной переработки в экспорте составила 90 %, в том числе топливно-энергетические товары 79 % и металлы и изделия из них 9 %.

Подавляющая доля добываемого в России минерального сырья экспортируется: 50,1 % [4] добытой нефти, 52 % нефтепродуктов, 84 % произведенного алюминия, 58 % произведенной меди, 73 % произведенного никеля, 26 % произведенного цинка, 58 % произведенного свинца и 34 % произведенного олова [5]. Это и предопределяет столь высокую долю минерального сырья в структуре экспорта.

Растет и доля минерально-сырьевого сектора в структуре отечественной промышленности: с 17,1 % в 1990 году до 33,4 % в 2008 году (таблица).

Кроме того, по самым скромным подсчетам, около 20 % услуг, относящихся к сфере торговли и 30% - к

*Результаты исследований получены при финансовой поддержке РФФИ (грант 10-06-00147-а)

Структура промышленного производства России (в %) [6]

Отрасль промышленности	1990	1995	2000	2005	2008
Объем промышленного производства, всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Электроэнергетика	3,6	11,0	7,9	7,1	6,4
Топливная промышленность	6,8	14,6	17,5	19,7	19,5
Чёрная металлургия	4,9	8,1	7,1	13,9	13,9
Цветная металлургия	5,4	5,8	8,7		
Химическая и нефтехимическая промышленность	6,9	7,1	6,2	6,4	7,0
Машиностроение и металлообработка	28,0	16,0	16,4	13,0	14,2
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	5,2	4,6	4,0	3,4	3,2
Промышленность строительных материалов	3,4	4,3	2,4	3,1	4,4
Лёгкая промышленность	11,0	2,2	1,4	0,8	0,7
Пищевая промышленность	12,1	10,6	11,1	10,9	11,2

транспорту, это услуги по продаже и транспортированию минерально-сырьевых ресурсов. Таким образом, тенденции в изменениях структур отечественной промышленности и экспорта свидетельствуют скорее об усилении зависимости экономики России от производства и экспорта минерального сырья, нежели о переходе к постиндустриальному этапу развития экономики.

Все это с очевидностью свидетельствуют о том, что в настоящее время в России сырьевой сектор имеет не инфраструктурное назначение, связанное с обеспечением отечественной экономики сырьем, а исполняет роль экспортно-ориентированной отрасли.

Рис. 1 иллюстрирует это утверждение. Расчетным путем были определены доходы от продажи нефти и сопоставлены с динамикой валового внутреннего продукта. Как можно видеть, кривая изменения ВВП России с 1990 по 2009 годы практически полностью повторяет кривую изменения доходов от продажи нефти.

Таким образом, есть все основания полагать, что и в дальнейшем, в среднесрочной перспективе экономический рост в России будет определяться, главным образом, развитием минерально-сырьевого сектора. Такое

развитие в определенной мере планируется Правительством России. Однако, как свидетельствуют многочисленные исследования, экономическое развитие, основанное на использовании природной ренты, таит в себе множество проблем и опасностей. Многообразие такого рода проблем было обобщено авторами в виде трех основных парадоксов:

1) *низкие темпы роста ВВП на душу населения при высокой доле минеральных ресурсов в национальном богатстве;*

2) *низкие темпы роста минерально-сырьевых отраслей в отдельно взятых странах на фоне высоких темпов роста минерально-сырьевого сектора в мировой экономике;*

3) *низкие темпы роста добавленной стоимости в минерально-сырьевом секторе при относительно высокой эффективности горнодобывающих предприятий.*

Эмпирическому подтверждению третьего парадокса и посвящена данная статья, где выполнена оценка возможных темпов роста добавленной стоимости в отечественной горнодобывающей отрасли в зависимости от состояния разрабатываемых, наличия резервных месторождений и от доступности их запасов.



Рис. 1. Сравнение динамики ВВП России и доходов от реализации нефти

Источник: Energy Information Administration of the U.S. Government

Эта задача решалась с использованием разработанных авторами [7] вероятностных моделей оценки доступности минеральных ресурсов. Модели включают построение диаграмм «запас-содержание» по промышленным типам месторождений для данного региона с выделением резервных и находящихся в эксплуатации объектов. На рис. 2 приведен пример такой диаграммы для меднорудных месторождений России. Всего было рассмотрено 117 разрабатываемых и резервных месторождений. Поскольку большинство месторождений, кроме меди, в качестве попутных компонентов содержат другие цветные и драгоценные металлы, на оси ординат показано эквивалентное содержание меди, которое рассчитывалось с учетом содержания и цены попутных полезных компонентов. В результате содержание, эквивалентное меди, в некоторых случаях достигало 20-30 %, а общий объем извлекаемого в настоящее время эквивалентного металла по расчетам был равен 5,7 млн т, в то время как по официальным данным добыча меди из

недр в 2010 году составляла 0,750 млн.т.

В соответствии с предложенным подходом используется процедура логит-регрессии и определяется функция принадлежности объектов к классам разрабатываемых и неразрабатываемых, то есть определяется вероятность вовлечения месторождений в разработку (P) в зависимости от размеров запасов и содержания полезных компонентов в руде. Ниже приведена формула для определения вероятности вовлечения месторождений в разработку, которая,

кроме параметров размера запасов и содержания полезных компонентов, включает коэффициент вскрыши для характеристики месторождений с открытым способом разработки.

$$P = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot \alpha + b_2 \cdot S)}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot \alpha + b_2 \cdot S)}, \quad (1)$$

где b_1 – коэффициенты модели; α – содержание полезного компонента в руде (для комплексных руд – эквивалентное содержание полезных компонентов), д.ед.; S – запасы руды, тыс.т.

Коэффициенты модели b_0 - b_2 определяются статистически на основе анализа распределения разрабатываемых и неразрабатываемых месторождений в рамках конкретной сырьевой базы.

Изменение эквивалентного объема металла было принято в качестве основного показателя роста отрасли. Более корректным показателем является изменение добавленной стоимости. Но подобное упрощение было сделано осознанно с учетом того, что рост в минерально-сырьевом секторе имеет преимущественно экстенсивный

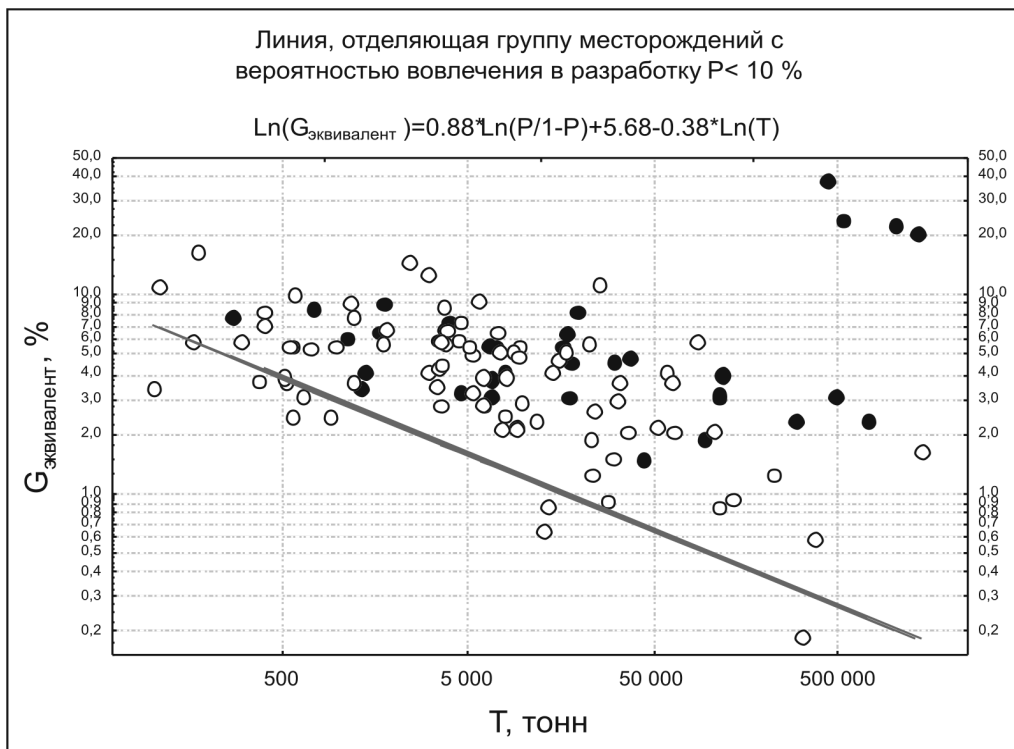


Рис. 2. Диаграмма содержание-запас для меднорудных месторождений России

характер и, следовательно, определяется ростом объемов добываемого сырья.

Для оценки изменения эквивалентных объемов меди была построена модель, в которой с использованием изложенного выше статистического подхода в зависимости от содержания металла, размеров запасов, взаимного влияния освоения различных запасов были определены вероятности вовлечения в разработку для каждого месторождения сырьевой базы меди. Затем в зависимости от установленных вероятностей были определены вероятные сроки начала разработки месторождений. Вероятные сроки определялись, исходя из предположения о том, что вовлечение месторождения может произойти, когда в течение определенного срока (было принято 3 года) индекс доходности

проекта (отношение фактической цены на продукцию к расчетной цене, обеспечивающей безубыточное извлечение и переработку минерального сырья) превышает 1. Очевидно, что вероятность появления хотя бы одного такого периода возрастает с увеличением временного интервала. Величина этого временного интервала, принятого в качестве вероятного срока вовлечения месторождения в разработку, определялась из уравнения:

$$(1 - P)^n \left[\frac{1}{(1 + \delta)^3} \right]^{0.5n^2} = (1 - P_T), \quad (2)$$

где P – вероятность вовлечения месторождения в разработку; δ – темп роста вероятности вовлечения месторождения в разработку в результате научно-технического прогресса; P_T – вероятность вовлечения месторождения

в разработку в течение вероятного срока (принята равной 0,9); n – число временных интервалов, необходимых для повышения вероятности вовлечения месторождения в разработку до величины P_T .

Темп роста вероятности вовлечения месторождений в разработку в результате научно-технического прогресса принимался равным 0,8 % в год на основании проведенных ранее авторами исследований [8]. Число временных интервалов определялось из уравнения (2) в результате решения квадратного уравнения:

$$n = \frac{-\text{Ln}(1-P) - \sqrt{[\text{Ln}(1-P)]^2 - 4\text{Ln}\left[\frac{1}{(1+\delta)^3}\right]\text{Ln}(1-P_T)}}{\text{Ln}\left[\frac{1}{(1+\delta)^3}\right]}, \quad (3)$$

Вероятный срок вовлечения определялся умножением числа интервалов на 3, так как интервал, в течение которого может быть принято решение, был принят 3 года.

Прирост объемов добычи во времени определялся в зависимости от распределения вероятных сроков вовлечения месторождений в разработку и расчетных значений мощности для резервных месторождений. Мощность по извлекаемым объемам руды рассчитывалась в зависимости от величины запасов по формуле Тейлора

$$Q = 5 \cdot Z^{0,75} \quad (4)$$

где Z – размер запасов руды месторождения, т.

Годовая мощность по металлу определялась с учетом извлечения и эквивалентного содержания меди.

Чтобы определить темп роста объемов добычи учитывалось также вы-

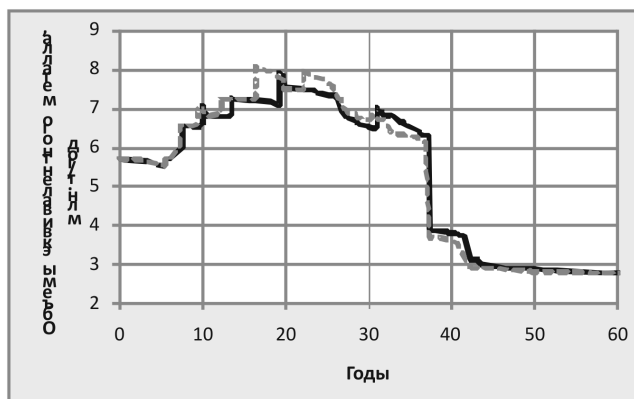


Рис. 3. Графики изменения эквивалентных объемов металла с учетом текущего состояния минерально-сырьевой базы меди России, вероятных темпов ввода месторождений в эксплуатацию и выбытия производственных мощностей

бытие разрабатываемых месторождений в зависимости от их запасов, эквивалентного содержания меди и производственной мощности. Графики изменения во времени эквивалентных объемов меди, полученные с использованием разработанной модели, показаны на рис. 3.

Сплошной линией на рисунке показано изменение эквивалентных объемов металла без учета действия научно-технического прогресса. Штриховой линией показано изменение объемов с учетом прогресса. Как видно из графика, эти кривые не сильно отличаются. Так возможный средний темп роста объемов на ближайшие 20 лет составляет 1,6 % в год с учетом прогресса и 1,5 % в год без учета прогресса. Средние темпы роста за 40 лет отрицательны и, соответственно, равны (-0,8 %) в год и (-0,9%) в год. Это происходит за счет истощения сырьевой базы меди.

Не улучшает ситуацию и научно-технический прогресс, темпы которого в сырьевой отрасли очень низки. Как было установлено авторами, темп снижения затрат на разработку мед-

нородных месторождений в течение последних 100 лет в мире не превышал 1 % в год. Это, конечно, средний темп снижения затрат и повышения доступности запасов. На самом деле изменение технологий происходит крайне неравномерно, серьезные нововведения в сырьевой отрасли происходят раз в 20-30 лет. Это ограничивает возможности интенсивного экономического роста в минерально-сырьевом секторе. Существенный рост в этой отрасли возможен только при развивающейся сырьевой базе, когда постоянно происходит открытие новых месторождений. В рассмотренной задаче этот важный фактор не учитывался, хотя в настоящее время существуют методы для прогнозирования вероятности открытия новых месторождений различного размера и качества. Такие методы разработаны Геологической службой

США и даже реализованы в виде программного продукта. Допущение, сделанное в данной работе, исключает пополнение сырьевой базы, возможно при истощенных минерально-сырьевых базах, к которым и относится отечественная минерально-сырьевая база меди. Кроме того, в последние 20 лет воспроизводство погашаемых запасов в России почти не осуществлялось.

Таким образом, рассмотренные вероятностные подходы к определению доступности позволяют осуществлять экспресс-оценку месторождений на предпроектных стадиях, осуществлять мониторинг сырьевых баз, изучать влияние освоения одних месторождений на вовлечение в разработку других месторождений. Кроме того, имеется возможность решать различные задачи, связанные с прогнозированием развития сырьевых отраслей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики <<http://www.gks.ru>> (дата последней проверки ресурса 27 августа, 2011).
2. Медведев: ТЭК должен развиваться и работать стабильно / Росбалтбизнес <<http://www.rosbalt.ru/2010/02/12/712372.html>> (дата последней проверки ресурса 29 августа, 2011)
3. Экспорт России основных товаров в 2010 г., Российский Центр внешней торговли, <<http://www.rusimpex.ru/index1.htm?varurl=Content/Economics/>> (дата последней проверки ресурса 27 августа, 2011).
4. О состоянии рынка нефти в 2009 году - Росстат, <http://www.au92.ru/msg/20100218_10021806.html> (дата последней проверки ресурса 29 августа, 2011).
5. Рынок цветных металлов 2010, <<http://www.metalresearch.ru>> (дата последней проверки ресурса 29 августа, 2011).
6. Сухарев О.С. Модернизация экономики России: реальные проектировки или умозрительное словоблудие? / Капитал страны - <<http://www.kapitalrus.ru/articles/article/176234>> (дата последней проверки ресурса 29 августа, 2011).
7. Пешкова М.Х., Мацко Н.А., Харитоновна М.Ю. Использование мезоэкономических индексов для экономической оценки минерально-сырьевой базы // ГИАБ.- М.:МГУ.- 2006.- № 12.-С. 201-208.
8. Пешков А.А., Мацко Н.А. Доступность минерально-сырьевых ресурсов.— М.: Наука.— 2004.— 321 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пешков Алексей Александрович – член-корр. РАН, доктор технических наук, заведующий отделом, apeshkov@tochka.ru
Мацко Наталья Аркадьевна – доктор технических наук, вед. научный сотрудник, тел. (495) 360-12-42.
Институт проблем комплексного освоения недр РАН.