УДК 338.242.4

В.С. Дадыкин
канд. экон. наук
Территориальный фонд геологической информации по ЦФО
Брянский филиал[1]
ведущий программист
dadykin88@bk.ru

Анализ, моделирование и прогноз оптимальных объемов запасов для устойчивого развития горнодобывающих предприятий

[1]Россия, 241050, Брянск, ул. Калинина, 81.

Рассмотрен подход к построению многофакторных моделей добычи и запасов железной руды, цементного и стекольного сырья, апробация выполнена по материалам Центрального федерального округа. В результате получены математические модели запасов и добычи, выполнено прогнозирование оптимальных объемов запасов и погашения запасов минерально-сырьевой базы железной руды до 2030 г.

Ключевые слова: минерально–сырьевая база; минерально–сырьевой комплекс; оптимальный объем добычи; оптимальный объем запасов; минерально–сырьевой потенциал

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ молодым ученым (МК–1522.2018.5).

Одним из важнейших факторов развития государства является привлечение инвестиций в реальный сектор экономики, в особенности в минерально-сырьевой, на котором базируется горнодобывающая и частично обрабатывающая промышленность страны. Минерально-сырьевой комплекс России обеспечивает более 50% доходной части бюджета и более 70% валютных поступлений от продаж. По какому бы сценарию не строилось развитие отечественной экономики, его реализация невозможна без сырьевого обеспечения [1]. Это относится и нефтегазовым видам сырья, являющимся основой экспортного потенциала страны, и к редкоземельным элементам, без которых практически невозможным становится построение инновационной экономики.

В условиях глобализации мировой экономики, возрастания роли минерально-сырьевых ресурсов в обеспечении ее потребностей возникает объективная необходимость в оперативном реагировании на изменения в сфере недропользования. Значительно повысилась роль сбора и обработки достоверной геолого-экономической информации в режиме реального времени, объем которой в современных реалиях растет экспоненциально [2]. Отдельные работы в этом направлении проводятся в настоящее время, например, в виде оперативного анализа состояния минерально-сырьевой базы по твердым полезным ископаемым для повышения эффективности управления в сфере недропользования [3]. Однако выполнение подобных работ носит непостоянный характер, являясь отдельной геологической задачей при формировании отчетных материалов. В результате в тематических материалах и отчетах нередко завышается минерально-сырьевой потенциал территории региона, федерального округа и государства в целом, что приводит к ошибкам при планировании программ воспроизводства минерально-сырьевой базы и геологического изучения недр практически на всех уровнях управления [4, 5].

В подобных условиях требуется искать новые способы обоснования оптимальных объемов добычи и запасов минерально-сырьевых ресурсов и прогнозирования, но уже в изменившихся экономических условиях, учитывающих потребности органов управления федерального и регионального уровня, инвесторов и действующих недропользователей в доступной геолого-экономической информации о реальном состоянии минерально-сырьевого потенциала государства, федерального округа, региона и хозяйствующих субъектов.

Актуальность представленного исследования состоит в формировании многофакторных моделей добычи и запасов по видам сырья, отличающимся наиболее высокими темпами погашения в Центральном федеральном округе (ЦФО). Авторская методика носит универсальный характер, поэтому может быть применена к другим экономическим регионам и к различным видам сырья.

Рассмотрим построение моделей оптимальных объемов добычи сырья и запасов минерально-сырьевой базы, где объемы добычи выступают в качестве результативного показателя, а запасы – в качестве факторного признака. В результате построения и анализа поля корреляции следует отметить, что между добычей и запасами существует обратная связь, т.е. с ростом добычи объемы запасов железной руды сокращаются, не обеспечивается простое воспроизводство по данному виду сырья. Эту взаимосвязь можно выразить регрессионным уравнением, которое в общем виде можно записать следующим образом:

$$\tilde{y}_x = a + bx ,$$

где a и b –параметры уравнения: $b = \dfrac{\overline{yx} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2}$; $a = \overline{y} - b \cdot \overline{x}$.

Расчеты показывают, что эта зависимость выражается следующим линейным уравнением:

$$\tilde{y}_x = 802,99 - 0,0197x ,$$

т.е. за последние годы при увеличении запасов железной руды на 1 млн т объемы ее добычи сокращаются на 19,7 тыс. т.

Для оценки статистической значимости коэффициентов регрессии рассчитывается *t*-критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей. Выдвинем гипотезу о случайной природе показателей, т.е. о незначимом их отличии от нуля. Оценка значимости коэффициентов регрессии с помощью критерия Стьюдента проводится путем сопоставления их значений с величиной случайной ошибки $t_b = b/m_b$ и $t_a = b/m_a$.

Случайные ошибки параметров линейной регрессии определяются по формулам:

$$m_b = \sqrt{\frac{S_{ост}^2}{\sum (x - \overline{x})^2}} \text{ и } m_a = S_{ост} \frac{\sqrt{\sum x^2}}{n \cdot \sigma_x} .$$

Сравнивая расчетное и критическое (табличное) значения *t*-критерия, принимаем или отвергаем выдвинутую ранее гипотезу. Если $t_{расч} > t_{табл}$, то гипотезу отклоняем и делаем вывод, что параметры *a* и *b* статистически значимы и надежны, не случайно отличаются от нуля и сформировались под влиянием систематически действующего фактора *x*. В противном слу-

чае гипотезу принимаем и признаем случайную природу формирования параметров уравнения, т.е. параметры a и b статистически незначимы и ненадежны [6].

Табличное значение *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы k=n-m=17-2=15, где m – число параметров уравнения, равно 2,13.

t_a=4,48>$t_{табл}$=2,13 и |t_b|=3,61>$t_{табл}$=2,13.

Следовательно, гипотезу о случайной природе формирования параметров уравнения отклоняем. Параметры *a* и *b* статистически значимы и надежны, не случайно отличаются от нуля и сформировались под влиянием действующего фактора *x* – запасов сырья.

Этот вывод подтверждает и анализ границ доверительных интервалов параметров *a* и *b*. Значения показателей, характеризующие границы интервалов, имеют одинаковые знаки. Поэтому с вероятностью 95% можно утверждать, что параметры *a* и *в*, находясь в указанных границах, не принимают нулевых значений, т.е. являются статистически значимыми и существенно отличны от нуля.

Оценка качества уравнения регрессии состоит в проверке гипотезы о статистической незначимости уравнения регрессии и показателя тесноты связи. Для этого сравним фактическое ($F_{расч}$) и критическое (табличное) ($F_{табл}$) значения *F*-критерия Фишера. ($F_{расч}$) определяется из соотношения значений факторной и остаточной дисперсий, рассчитанных на одну степень свободы:

$$F_{расч} = \frac{\sum (y-\bar{y})^2 / m}{\sum (y-\bar{y})^2 / (n-m-1)} = \frac{r_{xy}^2}{1-r_{xy}^2} \cdot (n-2)$$

где n – число единиц наблюдения; m – число факторов.

$F_{табл}$ – это максимально возможное значение критерия Фишера под влиянием случайных факторов при двух степенях свободы k_1=m и K_2=n-m-1 и уровне значимости *α*. Уровень значимости *α* – вероятность отвергнуть правильную гипотезу при условии, что она верна. Для экономических расчетов обычно значение *α* принимается равным 0,05 (вероятность 95%).

В нашем случае k_1=1 и K_2=15. Тогда .

Поскольку $F_{табл(1;15;00,5)}$=4,54, то гипотеза о случайной природе оцениваемых уравнения и коэффициента корреляции отклоняется и признается их статистическая значимость и надежность.

Качество уравнения регрессии также оценивается с помощью средней ошибки аппроксимации, которая представляет собой среднее отклонение расчетных значений результативного признака от его фактических значений:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}_x}{y} \right| \cdot 100\% \cdot$$

Допустимый предел значений А – не более 10%.

$\bar{A}$=(115,254/17)100=6,8%.

Качество модели высокое, линейная функция наиболее точно описывает зависимость между объемами добычи и запасов железной руды.

Уравнение регрессии всегда дополняется показателем тесноты связи. Для линейной регрессии в качестве такого показателя выступает линейный коэффициент парной корреляции r_{yx}:

$$r_{yx} = b\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{\mathrm{cov}(y,x)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\overline{yx} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Как показывают расчеты, r_{yx} = 0,682. Следовательно, связь между добычей и запасами железной руды тесная. Однако коэффициент детерминации r^2_{yx}=0,465 говорит о том, что вариация результативного признака (добычи) лишь на 46,5% объясняется вариацией фактора – запасов сырья. Остаточная детерминация 100 – 46,5 = 53,5% показывает долю вариации добычи от других факторов. Следовательно, на 53,5% объемы добычи железной руды зависят от контролируемых факторов (технологических, финансовых, экономических и пр.) [7].

Взаимосвязь между результативным и факторным признаками также можно охарактеризовать средним коэффициентом эластичности:

$$\bar{Э}(\%) = b \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = -0,0197 \cdot \frac{32812,8}{156,9} = -4,1\%.$$

Расчеты подтверждают, что далее целесообразно провести факторный анализ добычи и запасов раздельно с целью анализа причин отсутствия простого воспроизводства, выделив наиболее значимые факторы как для добычи, так и для запасов сырья.

Для построения моделей используем корреляционно-регрессионный анализ. Множественную регрессию будем применять, поскольку из множества факторов, влияющих на результативный признак, нельзя выделить один доминирующий фактор, а поэтому необходимо учитывать одновременное влияние нескольких факторов.

Все факторы, влияющие на объемы запасов минерального сырья, разделим на три группы: технологические, экономические и факторы экспертной оценки.

Модель зависимости объемов добычи можно выразить целевой функцией

$Y=\tilde{y}_1+\tilde{y}_2+\tilde{y}_3$

или системой одновременных регрессионных уравнений

$$Y = \begin{cases} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \\ \tilde{y}_3 \end{cases}$$

Уравнение множественной регрессии зависимости запасов сырья от технологических факторов в общем виде можно представить следующим образом:

$$\tilde{y}_1 = a_1 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4,$$

где x_1 – удельный вес разведанных запасов, %; x_2 – удельный вес забалансовых запасов, %; x_3 – удельный вес потерь при добыче, %; x_4 – доля распределенного фонда, %.

Уравнение зависимости запасов сырья от экономических факторов:

$$\tilde{y}_2 = a_2 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + b_9x_9 + b_{10}x_{10} + b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12},$$

где x_5 – доля средств федерального бюджета в общем объеме финансирования геологоразведочных работ, %; x_6 – удельный вес средств субъекта России в общем объеме финансирования геологоразведочных работ, %; x_7 – доля средств недропользователей в общем объеме финансирования геологоразведочных работ, %; x_8 – удельный вес региональных геолого-геофизических и геолого-съемочных работ в общем объеме, %; x_9 – доля государственной гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической съемки в общем объеме, %; x_{10} – доля работ по мониторингу и охране геологической среды в общем объеме, %; x_{11} – доля поисковых и геологоразведочных работ в общем объеме, %; x_{12} – удельный вес поисковых и геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в общем объеме, %.

Уравнение зависимости запасов сырья от факторов экспертной оценки:

$$\tilde{y}_3 = a_3 + b_{13}x_{13} + b_{14}x_{14} + b_{15}x_{15},$$

где x_{13} – выявленные ресурсы категории P_1, %; x_{14} – выявленные ресурсы категории P_2, %; x_{15} – выявленные ресурсы категории P_3, %.

Таким образом, модель зависимости запасов сырья от выбранных для анализа факторов можно записать в виде системы одновременных регрессионных уравнений:

$$Y = \begin{cases} \tilde{y}_1 = a_1 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 \\ \tilde{y}_2 = a_2 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + \\ +b_9x_9 + b_{10}x_{10} + b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12} \\ \tilde{y}_3 = a_3 + b_{13}x_{13} + b_{14}x_{14} + b_{15}x_{15} \end{cases}$$

Уравнение множественной регрессии зависимости запасов железной руды от технологических факторов:

$$\tilde{y}_1 = -1507,66 + 171,04x_1 + 127,34x_2 - 2,66x_3 + 1,58x_4 .$$

Каждый коэффициент регрессии показывает, на сколько единиц своего измерения увеличивается или уменьшается результативный показатель при повышении конкретного фактора на единице своего измерения при условии, что остальные факторы при этом не изменяются.

Интерпретируем полученные результаты. Рост на 1% удельного веса потерь руды при добыче приводит к снижению запасов железной руды на 2,66 млн т при условии, что остальные факторы, входящие в уравнение, остаются неизменными.

Увеличение доли распределенного фонда на 1% способствует увеличению запасов железной руды на 1,58 млн т, при условии, что остальные факторы при этом не изменяются.

Статистическую значимость параметров уравнения (a, b_1-b_4) проверим с помощью t – критерия Стьюдента. Его табличное значение при числе степеней свободы $k=4$ $t_{tabl(4;0,05)}=2,78$.

Параметр a: $|t_a| = 4,59 > t_{табл(4;0,05)} = 2,78.$

Параметр b_1: $t_{b_1} = 3,31 > t_{табл(4;0,05)} = 2,78.$

Параметр b_2: $t_{b_2} = 5,17 > t_{табл(4;0,05)} = 2,78.$

Параметр b_3: $|t_{b_3}| = 4,44 > t_{табл(4;0,05)} = 2,78.$

Параметр b_4: $t_{b_4} = 5,24 > t_{табл(4;0,05)} = 2,78.$

Таким образом, все параметры уравнения статистически значимы и надежды. Следовательно, все факторы остаются в уравнении.

Тесноту связи между факторами и результативным показателем характеризует множественный коэффициент корреляции R, в нашем случае равный 0,906. Представление о качестве построенного уравнения и доли влияния факторов на результативный показатель дает множественный коэффициент детерминации (R_2=0,821). Таким образом, связь между запасами железной руды и отобранными для анализа факторами очень высокая. Кроме того, эти факторы формируют 82,1% изменения запасов руды и лишь 17,9% вариации запасов руды зависит от других факторов, не включенных в уравнение.

Статистическая значимость модели, качество модели и возможность применения в практических расчетах оцениваются по F – критерию Фишера. Его расчетное значение $F_{расч}$=13,77 сравним с табличным значением критерия при числе степеней свободы k_1=4 и k_2=12.

$$F_{расч}=13,77>F_{табл(4;12;0,05)}=3,26.$$

Следовательно, построенное уравнение регрессии с вероятностью 95% описывает влияние

Вид сырья	Уравнение тренда*
Запасы	
Железная руда	ỹ=33950,58–126,41t
Добыча	
Железная руда	ỹ=135,8–2,35t
*t – условное обозначение года	

Таблица 1.
Динамика показателей запасов и добычи сырья

выбранных факторов на запасы железной руды. Полученное уравнение может быть использовано для практических расчетов и прогнозирования.

Уравнение зависимости запасов железной руды от экономических факторов:

$$\tilde{y}_2 = 12336,55 + 48,12x_5 + 41,53x_6 + 28,14x_7 + \\ +47,36x_8 + 7,66x_9 + 5,73x_{10} + 12,31x_{11} + 2,53x_{12}$$

Проверка значимости параметров уравнения по критерию Стьюдента ($t_{табл(8;0,05)}$=2,31) показала статистическую значимость и надежность включенных в анализ факторов.

При увеличении доли средств федерального бюджета в общем объеме финансирования геологоразведочных работ на 1% запасы железной руды возрастают на 48,12 млн т.

С ростом на 1% доли средств субъекта России в общем объеме финансирования геологоразведочных работ запасы железной руды повышаются на 41,53 млн т.

Повышение доли средств недропользователей в общем объеме финансирования геологоразведочных работ на 1% ведет к росту запасов руды на 28,14 млн т.

Увеличение на 1% доли региональных геолого-геофизических и геолого-съемочных работ в общем объеме влечет за собой рост запасов железной руды на 47,36 млн т.

Рост доли работ по мониторингу и охране геологической среды в общем объеме на 1% способствует увеличению запасов руды на 5,73 млн т при фиксированном значении остальных факторов.

Повышение на 1% удельного веса поисковых и геологоразведочных работ в общем объеме финансирования ведет к росту запасов руды на 12,31 млн т при неизменности остальных факторов.

Общее влияние выделенных факторов на объемы запасов железной руды формирует 85,7% вариации результативного фактора. Связь между выбранными для модели факторами и запасами железной руды очень высокая, о чем говорит значение коэффициента множественной регрессии, равное 0,925.

В целом уравнение статистически значимо и надежно, что показывает расчетное значение критерия Фишера:

$$F_{расч}=36,01>F_{табл(8;8;0,05)}=3,44.$$

Уравнение регрессии, характеризующее зависимость запасов железной руды от выявленных ресурсов, имеет вид:

$$\tilde{y}_3 = 5298,57 + 11,69x_{13} + 1,54x_{14} + 10,8x_{15}.$$

С увеличением на 1% выявленных ресурсов категории P_1 запасы железной руды могут вырасти на 11,69 млн т.

С повышением на 1% выявленных ресурсов категории P_2 результативный показатель возрастает на 1,54 млн т.

Рост на 1% объемов выявленных ресурсов категории P_3 может привести к повышению запасов руды на 10,8 млн т.

Все факторы модели проходят проверку по критерию Стьюдента $t_{табл(3;0,05)}$=2,57. Уравнение статистически значимо и надежно

$$F_{расч}=19,73>F_{табл(3;13;0,05)}=3,41.$$

Таблица 2.
Прогноз запасов и добычи минерального сырья на 2030 г.

Вид сырья	2016 г.	Прогноз		
		пессимистический	средний (динамический)	оптимистический
Запасы, млн т				
Железная руда	31690	29541	30032	30523
Добыча, млн т				
Железная руда	173	143,4	208,5	273,6

Годы	Прогноз, млн т		
	пессимистический	средний (динамический)	оптимистический
2017	31339	31675	32011
2018	31201	31549	31897
2019	31063	31422	31782
2020	30924	31296	31668
2021	30786	31170	31553
2022	30648	31043	31439
2023	30509	30917	31324
2024	30371	30790	31210
2025	30233	30664	31095
2026	30094	30538	30981
2027	29956	30411	30866
2028	29818	30285	30752
2029	29680	30158	30637
2030	29541	30032	30523

Таблица 3.

Прогноз запасов железной руды

Совокупное влияние факторов формирует 82% изменения запасов железной руды. Взаимосвязь между факторами и результативным показателем очень высокая (R=0,905).

Зависимость запасов железной руды от включенных в анализ факторов можно описать следующей моделью одновременных регрессионных уравнений:

$$Y = \begin{cases} \tilde{y}_1 = -1507,66 + 171,04x_1 + 127,34x_2 - 2,66x_3 + 1,58x_4 \\ \tilde{y}_2 = 12336,55 + 48,12x_5 + 41,53x_6 + 28,14x_7 + 47,36x_8 + \\ +7,66x_9 + 5,73x_{10} + 12,31x_{11} + 2,53x_{12} \\ \tilde{y}_3 = 5298,57 + 11,69x_{13} + 1,54x_{14} + 10,8x_{15} \end{cases}$$

Относительная ошибка расчетов по данной модели определяется по формуле: $\varepsilon(\%)=(Y_{расч}/Y_{факт})100-100$. Фактическое значение запасов железной руды составляет 31690 млн т. Расчетное значение запасов $\tilde{y}_1+\tilde{y}_2+\tilde{y}_3$ = 31525,2 млн т. Относительная ошибка расчета 0,52%{(31525,2/31690)100-100}.

Изучение динамики показателей запасов и добычи минерального сырья дало результаты, представленные в ***табл. 1***.

Из уравнения тренда запасов железной руды следует, что за период с 2000 по 2016 гг. они в среднем ежегодно снижались на 126,4 млн т, а объемы добычи руды в среднем ежегодно

Таблица 4.

Прогноз добычи железной руды

Годы	Прогноз, млн т		
	пессимистический	средний (динамический)	оптимистический
2017	133,4	178,0	222,6
2018	134,2	180,4	226,5
2019	135	182,7	230,4
2020	135,7	185,1	234,4
2021	136,5	187,4	238,3
2022	137,3	189,7	242,2
2023	138	192,1	246,1
2024	138,8	194,4	250,1
2025	139,6	196,8	254,0
2026	140,3	199,1	257,9
2027	141,1	201,5	261,8
2028	141,9	203,8	265,8
2029	142,6	206,2	269,7
2030	143,4	208,5	273,6

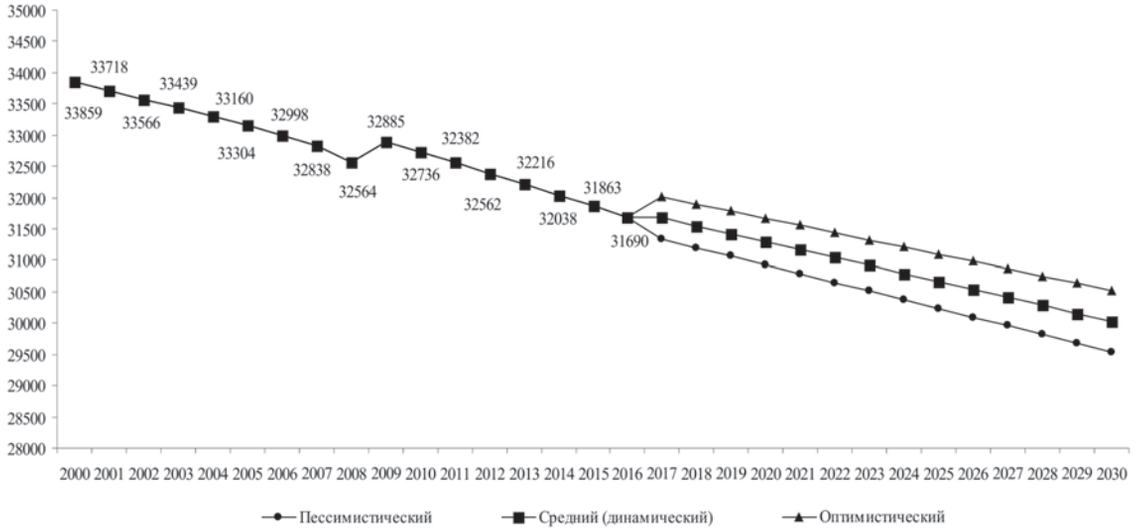


Рис. 1.
Прогноз оптимальных объемов запасов железной руды

повышались на 2,35 млн т. За анализируемый период в среднем ежегодно запасы стекольного сырья увеличивались на 3,69 млн т, а объемы добычи сырья повышались в среднем за год на 0,01 млн т. Запасы цементного сырья имеют тенденцию к снижению (в среднем за год на 0,68 млн т), а объемы добычи имеют тенденцию роста (в среднем ежегодный прирост добычи составлял 1,3 млн т).

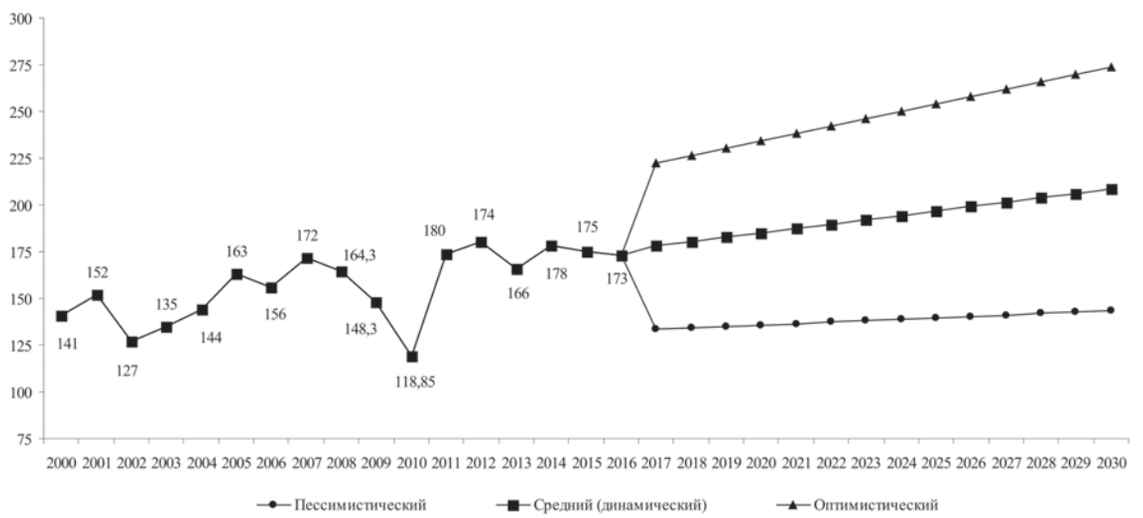
В основе прогноза лежит регрессионный анализ, где в качестве независимой переменной выступает время: $y_t=a+bt$. Параметры уравнения для пессимистического и оптимистического прогноза определяются исходя из доверительных интервалов параметров уравнения при уровне значимости α=0,05.

На основе полученных базовых динамических моделей нами был составлен прогноз добычи и запасов минерального сырья до 2030 г. (***табл. 2–4***).

По пессимистическому прогнозу, к 2030 г. по сравнению с 2016 г. запасы железной руды сократятся на 2149 млн т (6,8%), а объемы добычи уменьшатся на 29,6 млн т (17,1%). Графически оптимальные объемы добычи и запасов представлены на ***рис. 1, 2***.

Таким образом, для проведения факторного анализ оптимальных объемов добычи и запасов были выделены значимые факторы как для добычи, так и для запасов сырья. Для построения многофакторных моделей оптимальных объемов добычи и запасов был

Рис. 2.
Прогноз оптимальных объемов добычи железной руды



использован корреляционно-регрессионный анализ, в частности уравнения множественной регрессии, который позволил выразить зависимость среднего значения запасов железной руды от нескольких независимых переменных, т.к. из множества факторов, влияющих на результативный признак, нельзя выделить один доминирующий фактор, а поэтому необходимо учитывать одновременное влияние нескольких факторов. В результате сформирован прогноз оптимального уровня добычи и запасов железной руды, обеспечивающий устойчивое развитие предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Литература

1. Атаманова О.В. Индикаторы самообеспеченности Брянской области молочной продукцией: инструменты оценки, анализ и прогноз //Проблемы прогнозирования. 2013. № 6. С. 44–48.
2. Атаманова О.В. Оценка уровня экономической безопасности молокоперерабатывающей промышленности Брянской области: дис... канд. экон. наук. Московская академия экономики и права. Брянск. 2012.
3. Дадыкин В.С. Метод оценки инвестиционной привлекательности видов минерального сырья Брянской области //Менеджмент в России и за рубежом. 2013. № 4. С. 63–67.
4. Дадыкин В.С. Совершенствование программно-целевого управления недропользованием на основе геолого-экономического мониторинга // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2013. № 4. С. 68–72.
5. Дадыкин В.С., Кулагина Н.А. Программно-целевой подход к организации государственного мониторинга состояния недр на региональном уровне //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 189–192.
6. Дадыкина О.В. Модель геолого-экономического мониторинга в системе экономической безопасности региона //Управление в условиях глобальных мировых трансформаций: экономика, политика, право. Симферополь. 2016. С. 106–108.
7. Дадыкина О.В. Оценка минерально-сырьевого потенциала строительного кластера в части обеспечения экономической безопасности региона // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2015. № 3. С. 291–298.

UDC 338.242.4

V.S. Dadykin, PhD, Lead Coder. Bryansk Branch of Territorial Fund of Geological Information for the Central Federal District[1], dadykin88@bk.ru

[1]81 Kalinin street, Bryansk, 241050, Russia.

Analysis, Modeling and Forecast of Optimal Reserves for Sustainable Development of Mining Enterprises

Abstract. An approach to building multivariate models of production and reserves of iron ore, cement and glass raw material, testing was done on materials of Central Federal district. The result is a mathematical model of reserves and production, made the prediction of the optimal stock quantities and reserves of mineral resources base of iron ore by 2030.

Keywords: mineral resources; mineral resources sector; the optimum production volume; the optimal amount of reserves; mineral resources potential.

References

1. Atamanova O.V. *Indikatory samoobespechennosti Brianskoi oblasti molochnoi produktsiei: instrumenty otsenki, analiz i prognoz* [Indicators of self-sufficiency in the Bryansk region by dairy products: assessment tools, analysis and forecast]. *Problemy prognozirovaniia* [Problems of forecasting], 2013, no. 6, pp. 44–48.
2. Atamanova O.V. *Otsenka urovnia ekonomicheskoi bezopasnosti molokopererabatyvaiushchei promyshlennosti Brianskoi oblasti: dis... kand. ekon. nauk* [Estimation of the level of economic safety of the milk processing industry in the Bryansk region. PhD Diss.]. Briansk, 2012.
3. Dadykin V.S. *Metod otsenki investitsionnoi privlekatel'nosti vidov mineral'nogo syr'ia Brianskoi oblasti* [Method for assessing the investment attractiveness of minerals in the Bryansk region]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom* [Management in Russia and abroad], 2013, no. 4, pp. 63–67.
4. Dadykin V.S. *Sovershenstvovanie programmno-tselevogo upravleniia nedropol'zovaniem na osnove geologo-ekonomicheskogo monitoring* [Improvement of the program-target management of subsoil use on the basis of geological and economic monitoring]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia: Economics and Management], 2013, no. 4, pp. 68–72.
5. Dadykin V.S., Kulagina N.A. *Programmno-tselevoi podkhod k organizatsii gosudarstvennogo monitoringa sostoianiia nedr na regional'nom urovne* [A program-targeted approach to the organization of state monitoring of subsoil status at the regional level]. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2013, no. 2, pp. 189–192.
6. Dadykina O.V. *Model' geologo-ekonomicheskogo monitoringa v sisteme ekonomicheskoi bezopasnosti regiona* [Model of geological and economic monitoring in the system of economic security of the region]. *Upravlenie v usloviiakh global'nykh mirovykh transformatsii: ekonomika, politika, parvo* [Management in conditions of global world transformations: economy, politics, law]. Simferopol, 2016, pp. 106–108.
7. Dadykina O.V. *Otsenka mineral'no-syr'evogo potentsiala stroitel'nogo klastera v chasti obespecheniia ekonomicheskoi bezopasnosti regiona* [Assessment of the mineral and raw materials potential of the construction cluster in terms of ensuring the economic security of the region]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava* [Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2015, no. 3, pp. 291–298.