

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.3.01(03)

В.Т. Преслер, Л.В. Преслер

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА ПОДЗЕМНУЮ ДОБЫЧУ УГЛЯ

Оценка перспектив повышения угледобычи в России – триединая задача. Во-первых, необходимо выявить возрастающие потребности страны в угольном сырье и определить временные рамки проявления этих потребностей. Во-вторых, выявить фактические возможности угледобывающих предприятий и дать прогноз их развития. В-третьих, определить перспективу предприятий по обеспечению роста угледобычи и ее темпов в целом и отдельными предприятиями в частности. Вторая и третья задачи взаимосвязаны, а успех решения последней определяется второй задачей. Для ее решения используем два подхода.

1-ый подход опирается на единообразный подход к анализу совокупности производственных показателей угольных

шахт как единой информационной среды. Ниже мы выявляем общие тенденции и взаимосвязи отдельных информационных единиц (показателей) в условиях информационного шума, создаваемого индивидуальными особенностями шахт и проявляющегося в форме размытых информационных "облаков". Анализ проводится на основе плоских графических образов, формально отражающих взаимосвязи в парах информационных единиц, в качестве которых выступают базовые и расчетные показатели. В основе анализа лежит идея послойной дифференциация информационных "облаков" на уровне. Послойная дифференциация обеспечивает выявление нормативных уровней, их аппроксимацию и индексную оценку по ним, индексацию шахт и их ранжирование

по результатам нормирования, а также прогноз показателей в коридорах малой изменчивости их индексов.

2-ой подход базируется на идеи выделения компактных информационных объектов – кластеров [1], в рамках которых информационные пары обладают близкими свойствами, с последующим формированием их обобщенных интегральных характеристик, аналогичных показателям шахт, и проведении на их основе дифференцированного (послойного) информационного анализа. Анализ раздвигает границы прогноза, увеличивая на порядок его диапазон по приросту добычи по сравнению с фактически достигнутым уровнем.

Применение этих подходов рассмотрим на основе карты затрат на добычу угля (рис. 1),

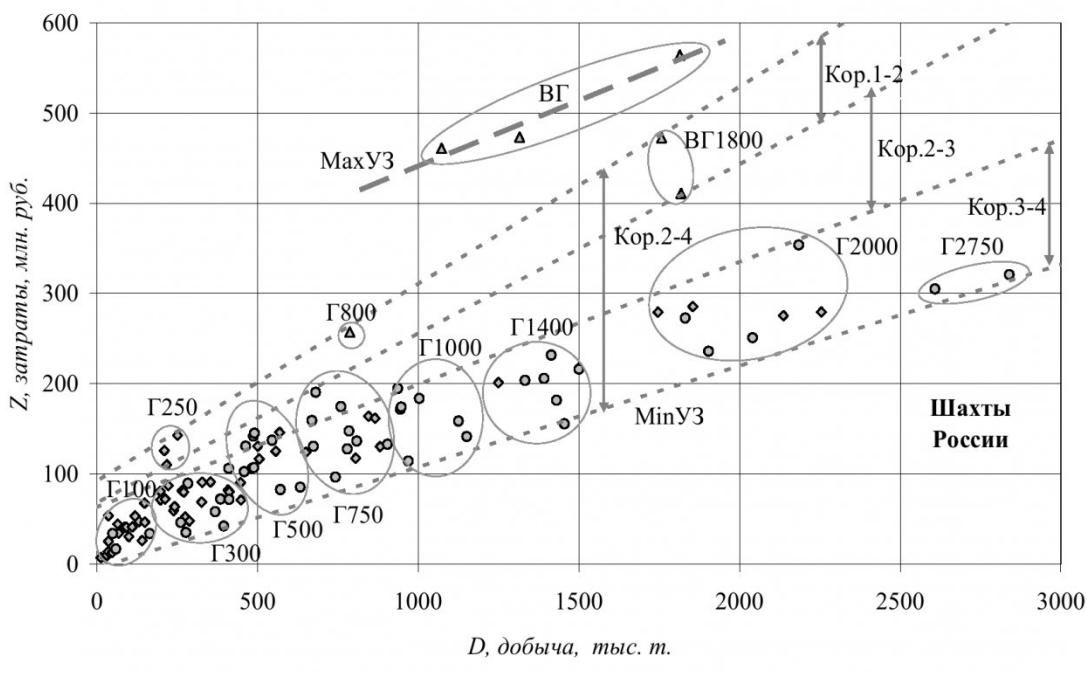


Рис. 1. Карта затрат на добычу. Классы и уровни затрат

построенной по фактическим показателям производственной деятельности угольных шахт России по итогам 1999 г. На карте отражены 109 шахт за исключением «Воргашорской» и «Распадской», которые из-за их высокой добычи выпадают из общего анализа. По плотности группировки, выделены 12 кластеров: Г100, Г250, Г300, Г500, Г750, Г800, Г1000, Г1400, Г2000, Г2750, ВГ1800, ВГ. Цифровая часть названия указывает на среднюю добычу в кластере (тыс. т). Кластеры разделяются по трем уровням затрат: максимальные – воркутинская группа (ВГ, 3 шахты, 2,75 % от их общего количества), большие – Г250, Г800, ВГ1800 (6 шахт, 5,5 % от их общего количества), нормальные – остальные группы (100 шахт, 91,75 % от их общего количества). Максимальный уровень затрат (MaxУЗ, Z_{Max}), аппроксимирующий затраты по шахтам кластера ВГ, лежит в диапазоне 460-570 млн. руб (диапазон добычи 1050-1850 тыс.т) и описывается линейной зависимостью вида

$$Z_{Max} = 276 + 0.16 D.$$

Большие затраты лежат в расширяющемся коридоре (Кор.1-2), размах которого варьируется в диапазоне 30-60 млн. руб (30 млн. руб для Г250, 60 млн. руб для ВГ1800). Размах коридора для ВГ1800 в два раза превышает этот размах для Г250, в то время как рост добычи составляет 1550 тыс.т., что соответствует почти семикратному ее росту. Кластеры в коридоре располагаются в среднем с разрядкой в 550 и 1000 тыс.т. В среднем рост затрат (Z_B) и расширение их коридора (ΔZ_B) в зависимости от добычи описывается линейными уравнениями вида:

$$Z_B = 80 + 0.2D,$$

$$\Delta Z_B = 25 + 0.02 D.$$

Нормальные затраты лежат в расширяющемся коридоре (Кор.2-4), размах которого варьируется в диапазоне 70-280 млн. руб (70 млн. руб для Г100,

Распределение затрат на добычу по регионам, уровням и коридорам

Регион, уровень, коридор	Число шахт	Суммарная добыча, тыс.т.	Суммарные затраты, млн. руб	Средняя себестоимость, руб/т
Россия	109	76342	14732	193
Россия *	55	24310	5079	209
Кузбасс	48	43470	7014	161
Воркута	6	8562	2639	308
МахУЗ	3	4201	1498	357
Кор.1-2	5	4821	1409	292
Кор.2-3	11	6313	1661	263
Кор.3-4	90	61008	10163	167
Кузбасс в кор.2-3	8	5028	1274	253
Кузбасс в кор.3-4	40	38442	5740	149
Россия в кор.2-3	3	1285	387	301
Россия в кор.3-4	50	22565	4424	196

*(без Кузбасса и Воркуты)

280 млн. руб для положения кластера Г2750). Коридор характерен большой плотностью расположения кластеров. Первые четыре кластера плотно прилегают друг к другу, а остальные следуют с небольшой возрастающей разрядкой в 100, 250 и 350 тыс.т. Размах коридора для Г750 (100 млн. руб) более чем в 1,4 раза превышает этот размах для Г100 (70 млн. руб). В то же время рост добычи для этих кластеров составляет 650 тыс.т., что соответствует более чем семикратному ее росту (7,5 раза). В среднем рост нормативных затрат (Z_{norm}) и расширение их коридора (ΔZ_{norm}) в зависимости от добычи описывается уравнениями вида

$$Z_{norm} = 28 + 0.033 D,$$

$$\Delta Z_{norm} = 62 + 0.08 D.$$

Кластеры, образующие нормальные затраты, отражают две линейные тенденции их роста с ростом добычи.

Эти тенденции смыкаются на стыке кластеров Г500 и Г750. Первая тенденция для малой добычи до 600 тыс.т. имеет более кругой характер. Вторая тенденция имеет пологий характер.

С учетом этого фактора целесообразно коридор нормальных затрат разбить на коридоры средних (Кор.2-3) и малых (Кор.3-4) затрат, а разделяющую границу провести по верхним затратам кластеров Г100 и Г2000. Эта граница делит коридор (Кор.2-4) на две примерно

равные части. Причем в Кор.2-4 полностью попадают кластеры Г1000, Г1400, Г2000 и Г2750. Коридор средних затрат (Кор.2-3) содержит 11 шахт, или 10 % от их общего количества, а коридор малых затрат (Кор.3-4) 90 шахт, или 82,5 % от их общего количества. В среднем рост затрат (средних Z_{mid} и малых Z_{Min}) и расширение их коридоров (средних ΔZ_{mid} и малых ΔZ_{Min}) в зависимости от добычи описывается линейными уравнениями вида

$$Z_{mid} = 53 + 0.17 D,$$

$$\Delta Z_{mid} = 13.5 + 0.043 D,$$

$$Z_{Min} = 27 + 0.13 D,$$

$$\Delta Z_{Min} = 49.5 + 0.005 D.$$

Отметим, что коридор малых затрат расширяется незначительно. Так, с ростом добычи со 100 до 2000 тыс.т. (20 раз) его расширение лежит в диапазоне 50-60 млн. руб и составляет всего 10 млн. руб, т.е. росту добычи в 20 раз соответствует рост диапазона в 1,2 раза. Таким образом, коридор малых затрат можно считать практически стабильным и содержащим наибольшее число шахт, более 80 % от их общего количества.

Более детальное распределение шахт по регионам и коридорам затрат дает приведенная таблица, в которой отражено соответственно число шахт, их суммарные добыча и затраты, а также средняя себестоимость добычи. Шахты Кузбасса (48 шахт) полностью входят в ко-

ридор нормальных затрат, при-
чем 8 из них (17 % от их общего
количество) входят в коридор
средних затрат, а остальные 40
шахт (83 %) в коридор малых
затрат. Как видно из таблицы,
Кузбасс, даже без учета шахты
«Распадская», дает в 1,8 раза
больше угля, чем Россия без
Кузбасса и Воркуты и в 1,3 раза
больше, чем Россия без Кузбас-
са. При этом затраты шахт Куз-
басса на добычу превышают
затраты остальных шахт России
в первом случае в 1,4 раза. Во
втором случае затраты Кузбасса
даже меньше на 704 млн. руб.
По сравнению с Воркутой (без
шахты «Воргашорская») Куз-
басс дает больше угля в 5,1 раза,
а затраты при этом больше
только в 2,7 раза. Средняя себестоимость
угля Кузбасса ниже
средней себестоимости осталь-
ных шахт России (без Кузбасса
и Воркуты) в 1,3 раза, а шахт
Воркуты в 1,9 раза.

Средняя себестоимость угля
Кузбасса на 6 руб/т меньше его
средней себестоимости по шах-
там, входящим в коридор малых
затрат (Кор.3-4). Уровень за-
трат MaxУЗ и коридоры боль-
ших и малых затрат (Кор.1-2,
Кор.2-3) несмотря на различие в
количестве шахт практически
сопоставимы по суммарным
добыче и затратам. Добыча
шахт, входящих в Кор.2-3, всего
на 2000 тыс. т. превышает до-
бычу шахт уровня MaxУЗ, а их
затраты лишь на 160 млн. руб.
превышают затраты шахт этого
уровня. Средняя себестоимость
добычи максимальна на уровне
MaxУЗ и снижается к Кор.2-3 на
94 руб/т. Средняя себестоимость
минимальна в Кор.3-4. Она в 2,1 раза меньше себестоимости
добычи шахт на
уровне MaxУЗ, в 1,7 раза - себестоимости добычи шахт, входящих
в Кор.1-2, и в 1,6 раза меньше себестоимости добычи
шахт, входящих в Кор.2-3. Сум-
марная добыча шахт в коридоре
малых затрат (Кор.3-4) в 10 раз
превышает суммарную добычу
шахт в коридоре средних затрат
(Кор.2-3), тогда как их сум-
марные затраты больше только
в 6 раз.

В коридоре средних затрат
(Кор.2-3) суммарная добыча
шахт Кузбасса в 3,9 раза пре-
вышает добычу остальных шахт
России. При этом суммарные
затраты шахт Кузбасса превы-
шают затраты остальных шахт
России только в 3,3 раза, при
этом средняя себестоимость
шахт Кузбасса меньше в 1,2
раза. В коридоре малых затрат
(Кор.3-4) суммарная добыча
шахт Кузбасса в 1,7 раза пре-
вышает добычу остальных шахт
России. Однако суммарные за-
траты шахт Кузбасса превы-
шают затраты остальных шахт
России только в 1,3 раза, при
этом средняя себестоимость
шахт Кузбасса меньше в 1,3
раза.

Вывод. В общем случае за-
траты шахт распределены в зна-
чительно расширяющемся с
ростом добычи коридоре. Одна-
ко подавляющее число шахт (80
%) приходится на коридор ма-
лых затрат, отличающийся ма-
лым расширением и большей
равномерностью их распределе-
ния. Это обстоятельство позво-
ляет раздвинуть рамки диапазо-
на прогноза до 3,5 млн.т. При
этом расширение коридора ма-
лых затрат по сравнению со 100
тыс.т. составит менее 17 млн.
руб. Максимальный уровень
затрат (тангенс угла наклона
уровня - 0,16) отражает пример-
но такую же тенденцию их рос-
та, что и коридор средних за-
трат (в среднем тангенс угла
наклона - 0,17). По сравнению с
коридором малых затрат (в
среднем тангенс угла наклона -
0,13) максимальный уровень
затрат имеет немного более
крутую тенденцию. Таким обра-
зом, линии максимальных и
минимальных затрат (MaxУЗ,
MinУЗ) незначительно расхо-
дятся. С позиций затрат и себес-
тоимости шахты Кузбасса наи-
более эффективны.

Рис. 2 детализирует выше-
приведенный анализ затрат с
учетом шахт «Распадская» и
«Воргашорская». Затраты диф-
ференцируются по глубине раз-
работки. На основе степенных
зависимостей получены четыре
кривые затрат для шахт России

(без Кузбасса) и три кривые -
для шахт Кузбасса, предста-
вляющие диапазон изменения
затрат в пределах максимально
достигнутой добычи.

Верхняя кривая затрат
(ВК3) России строится по шах-
там кластера ВГ и шахтам
«Воргашорская» и «Распад-
ская». Средняя кривая затрат
(СК3) России строится по шах-
там кластеров Г250, Г800,
ВГ1800 и одной шахте из кла-
стера Г100. Нижняя кривая за-
трат (НК3) России строится по
16 шахтам с максимальной глу-
биной разработки не более 300
м. По остальным 36 шахтам с
максимальной глубиной разра-
ботки более 300 м строится
нормативная кривая затрат
(НормК3) России. Кривая носит
нормативный характер в силу
подавляющего числа шахт,
группирующихся в ее окрестно-
сти. Кривые описываются сле-
дующими уравнениями

$$Z = \begin{cases} 21,05 \cdot D^{0,44}, & \text{ВК3} \\ 6,82 \cdot D^{0,55}, & \text{СК3} \\ 1,03 \cdot D^{0,71}, & \text{НК3} \\ 2,28 \cdot D^{0,63}, & \text{НормК3} \end{cases}$$

Расхождение между кривы-
ми НормК3 и НК3 не превышает
60 млн. руб на всем диапазо-
не добычи (до 7 млн.т.), в то
время как расхождение между
ВК3 и СК3 уже на отметке до-
бычи 3,5 млн.т. составляет 160
млн. руб.

Верхняя кривая затрат Куз-
басса (ВК3) строится по 10 шах-
там с максимальной глубиной разра-
ботки 190-520 м. Нижняя кривая за-
трат Кузбасса (НК3) строится по 12 шахтам с макси-
мальной глубиной разработки
не более 300 м. По остальным
25 шахтам строится норматив-
ная кривая затрат Кузбасса
(НормК3) с глубиной разработки
более 300 м. Нормативность
кривой обусловлена тем, что в
ее окрестности сосредоточено
более половины шахт. Кривые
описываются уравнениями ви-

$$\text{да } Z = \begin{cases} 2,5 \cdot D^{0,64}, & \text{ВК3} \\ 0,62 \cdot D^{0,76}, & \text{НК3} \\ 1,06 \cdot D^{0,73}, & \text{НормК3} \end{cases}$$

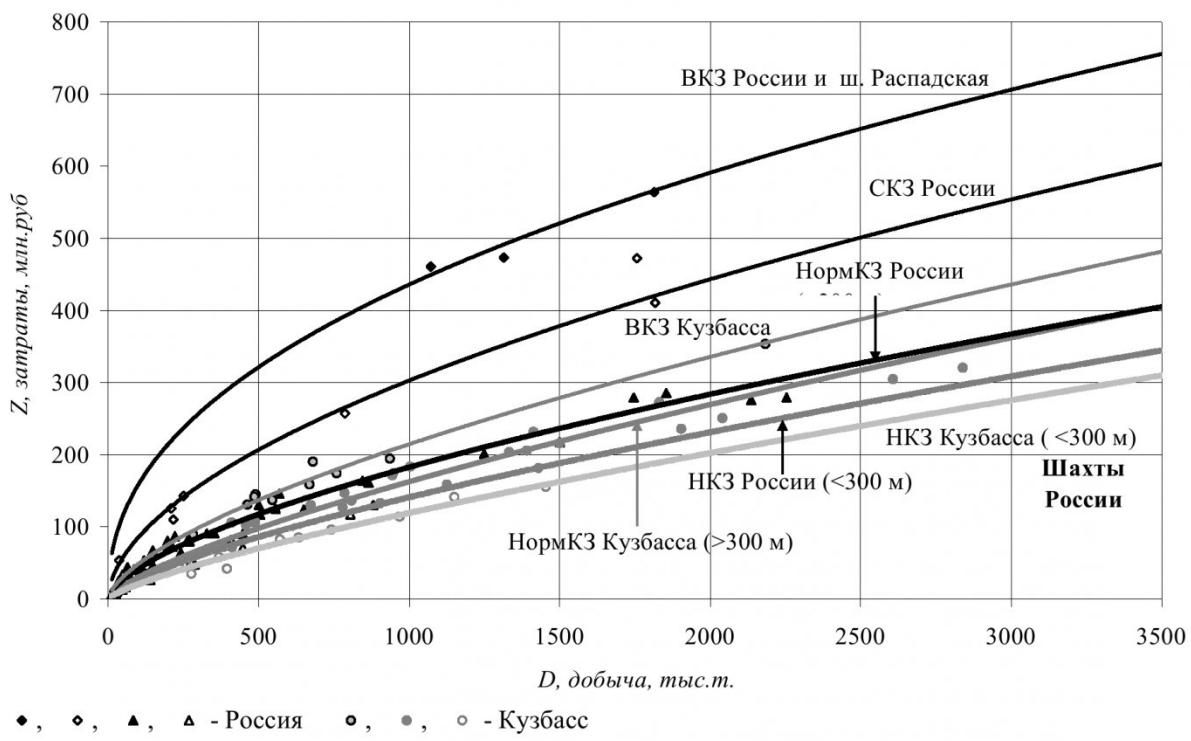


Рис. 2. Прогнозные степенные кривые затрат на добычу

Распределение шахт Кузбасса по уровням однородно и более чем в два раза уступает числу шахт на нормативном уровне. Нормативная кривая затрат Кузбасса практически делит коридор затрат пополам. Нормативные кривые затрат России и Кузбасса близки. Их максимальное расхождение на отметке 7 млн.т. составляет 40 млн. руб (затраты шахт Кузбасса больше). Кривая Кузбасса имеет более крутой характер, что и обуславливает пересечение нормативных кривых на отметке 3,5 млн. руб, до которой затраты шахт Кузбасса ниже российских максимально на

20 млн.т. Нижний уровень затрат шахт Кузбасса стабильно ниже российских на 20-40 млн.руб. Исходя из зависимостей, описывающих затраты шахт Кузбасса и России, построены соответствующие кривые себестоимостей добычи $C=Z/D$ и прироста добычи $C^*=dZ/dD$ (рис. 3, 4).

Согласно рис. 3, нормативные себестоимости добычи шахт России и Кузбасса (НормСДР и НормСДК) близки, их максимальное расхождение не превышает 10 руб/т. Однако кривая себестоимости России имеет более крутой характер спада, что обуславливает пере-

сечение двух кривых себестоимости на отметке добычи 2,2 млн.т. До этой отметки себестоимость шахт Кузбасса ниже себестоимости шахт России. Превышение нижней себестоимости шахт России над нижней себестоимостью шахт Кузбасса в среднем составляет также 10 руб/т на всем фактическом интервале добычи. Диапазон вариации себестоимости шахт Кузбасса (расхождение между НормСДК и НСДК) составляет 25-50 руб/т, а шахт России (расхождение между НормСДР и НСДР) – 5-35 руб/т.

Кривые себестоимости прироста добычи располагаются

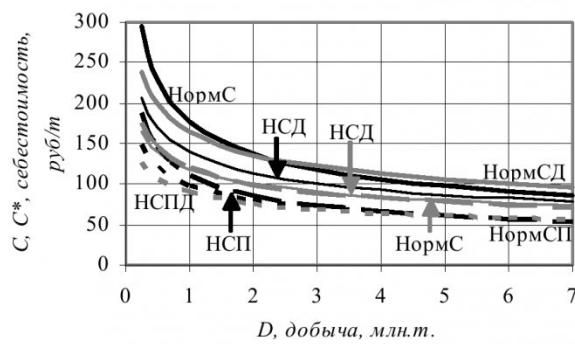


Рис. 3. Себестоимость добычи и ее прироста для нормативных и нижних затрат шахт России и Кузбасса

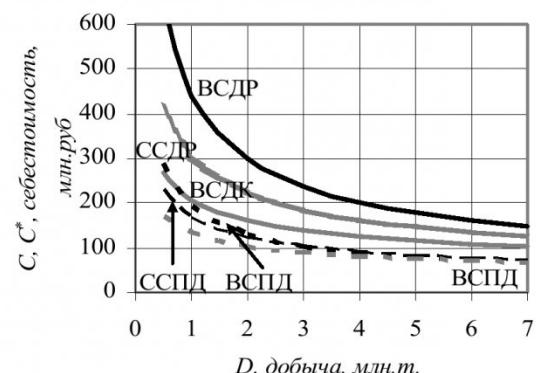


Рис. 4. Себестоимость добычи и ее прироста для верхних и средних затрат шахт России и Кузбасса

строго под серией кривых себестоимости добычи. Норматив на себестоимость прироста добычи по шахтам Кузбасса (НормСПДК) совпадает с нижней их себестоимостью, но выше нормативной себестоимости прироста добычи по шахтам России (НормСПДР) на 20 руб/т.

В то же время НормСПДР выше нижней себестоимости прироста добычи по шахтам России и Кузбасса до отметки 5 млн.т. После этой отметки кривые практически совпадают. Нижняя себестоимость прироста добычи по шахтам России несколько выше нижней себестоимости прироста добычи по шахтам Кузбасса. Максимальное расхождение себестоимости прироста добычи наблюдается у шахт Кузбасса, оно составляет 20 руб/т. В общем случае себестоимость прироста добычи всегда меньше себестоимости самой добычи.

Динамику верхней и средней себестоимости добычи и ее прироста по шахтам характеризует рис. 4. Верхняя себестоимость добычи шахт Кузбасса (ВСДК) значительно ниже аналогичной себестоимости шахт России (ВСДР). Расхождение между ними колеблется в диапазоне 50-220 руб/т. Кривая средней себестоимости добычи шахт России (ССДР) делит коридор между верхними себестоимостями добычи шахт России и Кузбасса пополам.

Кривые себестоимости прироста добычи располагаются строго ниже серии кривых себестоимости добычи. Верхняя себестоимость прироста добычи шахт России (ВСПДР) ниже верхней себестоимости добычи шахт Кузбасса в среднем на 20 руб/т. Верхняя себестоимость прироста добычи шахт Кузбасса

(ВСПДК) самая низкая. С отметки добычи 3 млн.т. все три кривые себестоимости прироста практически сливаются. В отличие от себестоимости добычи, которая на отметке 7 млн.т. колеблется в диапазоне 110-150 руб/т для верхних и средних затрат шахт и в диапазоне 75-95 руб/т для нормативных и нижних затрат шахт, себестоимость прироста добычи для всех шахт на этой отметке колеблется в очень узком диапазоне 55-70 руб/т.

Таким образом, если общий диапазон разброса себестоимости добычи по всем шахтам составляет 75 руб/т и равен нижней ее границе, то разброс себестоимости прироста добычи для всех шахт составляет только 15 руб/т, т.е. 20 % от разброса себестоимости добычи. Это обстоятельство говорит о том, что с ростом добычи шахт происходит их выравнивание с позиции себестоимости прироста уже достигнутой добычи. Вне зависимости от положения шахт по затратам каждая вновь приращенная тонна к достигнутому уровню добычи потребует значительно меньше затрат и эти затраты не будут сильно отличаться по шахтам.

Вывод. Затраты на добычу угля для шахт из малого коридора затрат (рис. 1) дифференцируются по максимальной глубине разработки на нормативные (свыше 300 м) и нижние (не более 300 м) затраты. Степенные зависимости, использованные для аппроксимации выделенных уровней затрат, обеспечили адекватный механизм описания их динамики и дифференцированного анализа по всему спектру затрат, себестоимости добычи и ее приросту с раскладкой по шахтам России и

Кузбасса. Полученные зависимости учитывают, выявленную по карте затрат, тенденцию их замедленного роста и дают рациональное соотношение достигнутых уровней добычи и затрат на нее, а также адекватно им описывают себестоимость добычи и ее прирост. Зависимости целесообразно использовать до 7 млн.т. Шахта «Распадская» явно выпадает из массы шахт Кузбасса, которым в целом свойственны более низкие затраты, чем остальным шахтам России.

Однако в данном аспекте есть свои нюансы. В отличие от нижних затрат шахт Кузбасса, безусловно минимальных по России, нормативные затраты проявляют себя по отношению к аналогичным затратам по остальным шахтам неоднозначно. До отметки добычи 3,5 млн.т. затраты меньше, а после этой отметки затраты шахт Кузбасса больше затрат остальных шахт России. Более крутой подъем затрат шахт Кузбасса с ростом добычи определяет поведение ее нормативной себестоимости добычи и себестоимости ее прироста, которые начинают превалировать соответственно на отметке 2 и 0,5 млн.т. над себестоимостью добычи и ее приростом по остальным шахтам России. Верхние затраты шахт Кузбасса, безусловно, значительно меньше верхних и средних затрат остальных шахт. То же самое относится и к верхней себестоимости добычи этих шахт и ее приросту. Но для себестоимости прироста добычи это касается только начального этапа до 3 млн.т. После этой отметки себестоимости прироста всех шахт выравниваются и проявляют одинаковую тенденцию пологого снижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник – СПб: Питер, 2001. –752 с.

□ Авторы статьи:

Преслер

Вильгельм Теобальдович

- докт.техн.наук, проф. каф. ИиАПС,
ведущий научный сотрудник Института
угля и углехимии СО РАН

Преслер

Лариса Васильевна

- доц. каф. естественнонаучных дисциплин НОУ ВПО "Кузбасский институт
экономики и права"