

Л.И. Шулятьева

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОТРАБОТКИ СЛОЖНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Изложена методика обоснования целесообразности вовлечения в отработку запасов угля со сложными условиями залегания с учетом снижения удельных капитальных вложений на строительство новых горизонтов действующих и новых шахт. В методике дан алгоритм оценки влияния факторов, усложняющих отработку запасов и влияющих на эффективность их выемки. Целесообразность вовлечения в отработку запасов определяется по критерию положительной разности между величиной снижения удельных капитальных вложений и прироста удельных прямых затрат на выемку. Предлагается также применять способ оценки балансовой стоимости вскрывающих и подготавливающих выработок как затраты на воспроизводство соответствующего объема вскрытых запасов. В методике учитывается снижение реальной стоимости амортизационного фонда горнодобывающего предприятия во времени. Методика дает возможность инвестору недропользователю принять решение о выборе варианта инвестиционного проекта по уровню вовлечения в отработку сложных по горно-геологическим условиям запасов, а инвестору – о целесообразности участия в конкретном инвестиционном проекте.

Ключевые слова: угледобывающее предприятие, целесообразность, вовлечение в отработку, капитальные вложения, прямые затраты, технологические решения, проектные решения, способы оценки имущества.

По уровню добычи угля Россия находится на пятом месте в мире. Обеспеченность разведанными запасами категории А+В+С1 составляет более 200 млрд т, в том числе в Кузнецком бассейне около 61 млрд т. В пределах шахтных полей в Кузнецком бассейне в настоящее время находится около 21% запасов. Удельный вес бассейна в добыче РФ составляет более 50%. Согласно расчетам ИУУ СО РАН в Кузнецком бассейне в период до 2020 г. ожидается довести объем добычи до величины в пределах 200 млн т. Это тот объем добычи, который может быть технически обеспечен имеющимися производственными мощностями, при этом более 87 млн т предполагается добыть по объединениям Кузнецкуголь, Кузбассуголь и Кузбассразрезуголь. Предполагается не только полностью обеспечивать потребность в энергетических углях на внутреннем рынке страны, но и одновременно увеличить экспорт их в страны Европы и Азии [1].

Рост объемов потребления энергоресурсов в России и в мире обуславливает рост цен на них. Это требует поиска направлений, обеспечивающих снижение затрат на добычу и обеспечивающих конкурентоспособность угля. В настоящее время уголь является сырьевым ресурсом для металлургической промышленности и для производства тепла и электроэнергии. Вследствие нестабильности цен на некоторые виды энергетических ресурсов ряд стран Европы готовы реанимировать свою угледобывающую промышленность для сохранения энергетической независимости. Таким образом, установки некоторых стран на свертывание угольной отрасли были поспешными. Более того, ведется поиск наиболее эффективных способов отработки запасов с наименьшими потерями.

Повышение эффективности добычи и переработки угля может быть обеспечено за счет инновационных решений в области технического вооружения и технологии, а также за счет снижения потерь вследствие оставления в недрах «неэффективных запасов».

Однако резервы повышения эффективности угледобычи за счет использования высокопроизводительной техники на основных процессах в шахте незначительны, так как сложное залегание угольных пластов и их высокая газоносность и низкая газоотдача не позволяет увеличить нагрузку на очистной забой до уровня, достигнутого, например, на шахтах США. Поэтому основным условием роста объемов производства на действующих шахтах является увеличение числа одновременно действующих очистных забоев, что в свою очередь значительно усложняет систему вентиляции и транспорта. Это позволяет сократить эксплуатационный период шахты и ускорить достижение момента окупаемости инвестиций.

Актуальность проблемы заключается в том, что в условиях истощаемости природных энергоресурсов и роста сложности их извлечения необходимо разработать такой механизм по комплексному обоснованию целесообразности их извлечения, который позволит повысить конкурентоспособность этих ресурсов на рынке, а добывающим предприятиям обеспечить приток инвестиций. Строительство новой шахты всегда будет более затратным, чем максимальная эксплуатация действующего шахтного фонда.

Повышение экономической эффективности инвестиционных проектов может быть также достигнуто за счет снижения потерь угля при отработке вскрытых шахтных полей путем применения рациональных технологических схем вскрытия и подготовки.

Целесообразность снижения потерь из-за оставления запасов в недрах может быть обоснована еще и тем, что удельные затраты на вскрытие и подготовку шахтных полей могут в значительной степени компенсировать дополнительные затраты на выемку сложных по условиям залегания участков.

Большие потери запасов имеют место на полях погашенных шахт. Это связано как с несовершенством техники и технологии добычи угля в прошлом, так и с резким спадом производства в республике в 1990-х гг., что привело к закрытию ряда шахт. По предварительным расчетам на шахтах Кузнецкого бассейна, в целиках у горизонтальных выработок находится около 31% всех оставленных запасов угля, около наклонных выработок – 8,5%. 57% потерь локализовано в прочих целиках. Период закрытия большинства этих шахт 15–20 лет, то есть эти запасы в настоящее время находятся в зоне устоявшегося горного давления, горно-геологические характеристики их достаточно точны. Их разработка в перспективе позволит значительно продлить срок эксплуатации бассейна. Однако необходим эффективный механизм оценки целесообразности извлечения этих запасов.

В 1990-х гг. в бассейне были закрыты шахты, разрабатывавшие пласты со сложными условиями залегания и низкими качественными характеристиками угля. Тем не менее, оставленные поля ранее действовавших шахт, как правило, вскрытые, представляют собой значительный потенциал для дальнейшего развития угледобычи. Основной тенденцией для преодоления деконцентрации горных работ и снижения технико-экономических показателей работы шахт бассейна, обусловленных не только объективными факторами ухудшения горно-геологических условий, но и рядом просчетов в принятии проектных реше-

ний развития отдельных угольных предприятий, может служить ряд мер по их укрупнению.

Анализ состояния запасов шахт ведущих бассейнов России показал, что сложившиеся условия залегания, характеризующиеся, главным образом, высокой степенью нарушенности пластов, неустойчивости вмещающих пород, обводненностью и наличием размывов, локализацией большого количества запасов на участках, ограниченных непреходимыми тектоническими нарушениями, требуют комплексного подхода при обосновании целесообразности вовлечения их в отработку. Состояние запасов шахтных полей Кузнецкого бассейна, например, на настоящий момент складывается следующим образом:

- в последнее десятилетие эксплуатации бассейна в отработку вовлекались запасы с благоприятными горно-геологическими условиями залегания, что привело к оставлению большого количества локальных участков;
- большое количество запасов оставлено в пластах малой и средней мощности, а также в угольных пачках при отработке мощных пластов;
- в условиях нарастающего дефицита коксующихся углей возникает проблема разработки рациональных технологических схем вскрытия, подготовки и отработки этих запасов;
- при строительстве новых шахт на разведанных участках имеется возможность создания высокопроизводительных шахт нового поколения с использованием новейших технических и технологических решений, обеспечивающих максимальное вовлечение в отработку вскрытых запасов;
- выемочные поля действующих шахт Кузнецкого бассейна могут быть разделены на две группы: I группа – выемочные поля, размеры которых по простиранию – не более 3,5–4,5 км, по падению – не более 1–1,5 км, названные полями с ограниченными размерами; II группа – выемочные поля, размеры которых по простиранию до 6 км, по падению – 1–1,5 км, названные полями с оптимальными размерами; резервные поля шахт.

Исследование проблемы эффективности инвестиций за счет максимального извлечения в отработку вскрытых запасов и снижения удельных капитальных затрат имеет конечную цель: создание механизма и математического аппарата для обоснования целесообразности вовлечения в отработку запасов со сложными условиями залегания, что должно обеспечить значительный социально-экономический эффект от повышения эффективности недропользования, конкурентоспособности угля на рынке и инвестиционной привлекательности угледобывающих компаний.

Как показал анализ, основные капитальные вложения при отработке шахтных полей приходятся на их вскрытие и подготовку. Амортизационные отчисления по вскрываемым и подготавливаемым выработкам относятся только на извлеченную часть запасов и являются возвратными финансовыми ресурсами, формирующими амортизационный фонд шахты, относящийся к собственным средствам или акционерному капиталу. Однако, учитывая сроки строительства новых шахт взамен выбывших из эксплуатации, и даже с учетом ежегодной переоценки основных фондов, происходит обесценение инвестиций к моменту их возврата, и новое строительство требует дополнительных капитальных вложений, пополняющих амортизационный фонд.

Величина дополнительного инвестирования в капитальное строительство (вскрытие и подготовку запасов) воссоздания аналогичного объекта составляет:

$$И_{доп} = \sum_{t_0}^T A_t \times k_d - \sum_{t=1}^T A_t \times k_d \times (1+i)^{-t}, \quad (1)$$

где t – год эксплуатации шахты; i – коэффициент, учитывающий снижение реальной стоимости амортизируемого имущества за счет инфляции и риска колебаний добычи в t -м году.

За период до момента окупаемости (τ), который составит $\tau - t_0$, размер вложения составит

$$\sum_{i=t_0}^{\tau} A_i = \sum_{t_0}^{\tau} A_t \times k_d - \sum_{t=1}^{\tau} A_t \times k_d \times (1+i)^{-(\tau-t)}. \quad (2)$$

Эта сумма представляет собой ту часть инвестиционного капитала, которая будет необходима дополнительно для восполнения запасов в объеме, равном отработанным.

Это приведет к увеличению периода окупаемости, который составит:

$$T_{ок} = \frac{\sum_{t_0}^t IC_t \times (1+E)^t}{\sum_{t_0}^{\tau} [Q_t \times (p_t - VC_t) - FC_t] \times (1 - \Delta Hn) \times (1+i_t)^{-t} + \sum_{t_0}^{\tau} A_t \times (1+i_t)^{-t}}, \quad (3)$$

где τ – момент окупаемости инвестиций ($\tau \in T$); T – период эксплуатации шахты; t_0 – начальный момент реализации проекта; t – номер шага реализации инвестиционного проекта ($t \geq t_0$, $t \leq \tau$); ΔHn – коэффициент, учитывающий ставку налога на прибыль; p_t – цена реализации угля в t -м году; VC_t – удельные переменные затраты на добычу в t -м году; FC_t – суммарные постоянные затраты без учета амортизации капитальных вложений на вскрытие и подготовку запасов, связанные с добычей угля в t -м году.

Формализованное представление срока окупаемости инвестиций позволяет сделать вывод о том, что даже незначительные потери угля при отработке запасов мультиплицируют потери стоимости вложенных инвестиций. Это приводит к перманентному удорожанию угледобычи за счет роста удельного объема проведения выработок на 1 т добытого угля. Без учета прочих факторов, которые могут привести к росту затрат на добычу, коэффициент удорожания добычи 1 т угля может составить:

$$\Delta p_t = \frac{A_t \times K_d - A_t \times K_d \times (1+i)^{-t}}{Q_t}. \quad (4)$$

где K_d – коэффициент пересчета балансовой стоимости основных фондов, разрешенной законодательством. Математически это может быть представлено как чем больше $\sum_{t_0}^T Q_t \rightarrow Z_{np}$, тем меньше $\sum_{t_0}^T \Delta p_t$

Удельные финансовые потери за счет потерь из-за оставления запасов в недрах в t -м году составят

$$\Delta fp_t = \frac{\sum_{t_0}^T ICp_t}{\sum_{t_0}^T Q_t} - \frac{\sum_{t_0}^T ICp_t}{Z_{np}} = \sum_{t_0}^T ICp_t \left(\frac{Z_{np} - \sum_{t_0}^T Q_t}{Z_{np} \times \sum_{t_0}^T Q_t} \right), \quad (5)$$

где ICp_t – сумма инвестированного капитала в строительство нового горизонта (шахты) в момент времени t .

Таким образом, инвесторы, решая сиюминутную проблему снижения издержек угледобычи, несут значительные потери вследствие роста удельных капитальных вложений на 1 т добытого угля.

Максимальная сумма дополнительной выгоды от полной отработки промышленных запасов может быть определена как $\Delta\Pi$ (6). Однако, сложность залегания угольных пластов, а также снижение качества добытого угля не позволяют достигнуть равенства между величиной промышленных запасов и пригодных к выемке. Это обусловлено тем, что сложные условия залегания приводят к увеличению прямых затрат

$$\Delta\Pi = \frac{\sum_{t_0}^T \Delta fp_t}{T} \times Z_{np} - \sum_{t_0}^T Q_t \times \Delta fp_t \quad (6)$$

Обоснование влияния горно-геологических и горнотехнических условий на себестоимость добычи приведено в работах [4, 5]. Поэтому не приводя общего алгоритма расчета, который основан на том, что изменение условий выемки снижает нагрузку на очистной забой (растет трудоемкость работ, затраты на поддержание выработок из-за снижения темпов отработки выемочных участков), приводим общий вид модели затрат на добычу в момент времени t

$$D_{cyr_t} = 1210 \times n_{cm} \times r \times (0,977m_{B_t} - 0,624) \times \left[\frac{V_{cp_t}}{0,557V_{cp_t} + 2,479} \right] \times \left(1,46 - \frac{61,464}{L_{L_t}} \right) \times (1,014 - 0,0092 \times \alpha_n) \times k_h \times kv_t \times k_{MB} \quad (7)$$

где V_{cp} – средняя рабочая скорость подачи комбайна; α_n – угол наклона лавы, град.; m_B – вынимаемая мощность пласта; r – ширина захвата исполнительного органа; L_n – длина очистного забоя, м; k_h – коэффициент, учитывающий тектоническую нарушенность пласта,

$$k_h = 0,571 + 0,053 \times \left(\frac{h}{m} \right)^{-1} \quad (8)$$

h/m – соотношение амплитуды тектонического нарушения и вынимаемой мощности пласта, м; kv_t – коэффициент, учитывающий влияния изменчивости угла падения пласта в очистном забое ($\Delta\alpha$):

$$kv_t = (1,014 - 0,0092\alpha_n) \times (0,955 - 27,19\Delta\alpha) \quad (9)$$

Перепады показателя по длине забоя формируют выпуклости или вогнутости участков и влияют на нагрузку на очистной забой. Они определяются как отношение стандартного отклонения этого показателя в пределах выемочного поля (δ_α) к общей площади выемочного поля, принятого к проектированию или в пределах которой ведется исследование влияние показателя (S):

$$\Delta\alpha = \frac{\delta_\alpha}{S}, \quad \delta_\alpha = \frac{\sum (\alpha_{оз_i} - \bar{\alpha}_{оз})}{n}, \quad (10)$$

где α_i – наблюдаемое i -е значение показателя, град., $i = 1, 2, \dots, n$; $\bar{\alpha}$ – среднее значение из наблюдаемых показателей.

Учет этого фактора необходим, так как он определяет качество вынимаемого угля, а, следовательно, его ценность. При анализе данной информации

установлено, что если колебание угла падения пласта в очистном забое происходит в пределах вынимаемой его мощности, то это не оказывает влияние на скорость подвигания забоя, так как не изменяется сопротивляемость угла резанию. В соответствии с этим введен параметр соотношения полной (m_n) и вынимаемой (m_b) мощности пласта ($K_m = \frac{m_n}{m_b}$) и установлено влияние этого параметра на нагрузку на очистной забой (k_{mb}). В результате получена следующая зависимость:

$$k_{mb} = (1,74 - 0,817K_m)^{-1}. \quad (11)$$

Удельные прямые затраты при известной сменной нагрузке на очистной забой для комплекса Joy составят

$$C_{oc} = 39,61 + 221261/D_{свт}, \text{ руб./т.} \quad (12)$$

Обоснование целесообразности вовлечения в отработку запасов и повышение инвестиционного дохода, а, следовательно, инвестиционной привлекательности можно выразить следующим образом: вовлекать в отработку запасы можно до тех пор, пока прирост затрат на их выемку будет меньше, чем прирост дополнительного дохода от снижения удельных инвестиций (6). То есть, если по i -му участку выполняется неравенство

$$\Delta\Pi_i - Q_i \times C_{оч_i} > 0,$$

то данный участок целесообразно вовлекать в отработку.

эт быть осуществлено с использованием модели, которая имеет вид:

Интенсификация промышленного производства предопределяется увеличением потребности в энергетическом сырье, в том числе потребность в коксующихся углях, углях на энергетику и для коммунально-бытовых нужд. Если сохранятся темпы прироста потребности в углях, то к 2020 г. она составит около 500 млн т, в том числе подземным способом 160–180 млн т. Непокрытая потребность, в случае сохранения добычи их на нынешнем уровне, достигнет величины около 40 млн т.

Не смотря на ликвидацию неперспективных шахт, проектная мощность оставшихся и построенных производственных единиц используется не в полном объеме [1, 3].

Если в течение последних пяти лет угольные предприятия осуществляли свою деятельность, опираясь на потенциал, заложенный в развитие шахт до начала приватизации, то в настоящее время этот потенциал выработан. Для осуществления дальнейшей деятельности необходим поиск технических, технологических и организационных решений, направленных на рациональное использование вскрываемых горных выработок, концентрацию горных работ, наиболее полное извлечение вскрытых запасов, что обеспечит более эффективное использование инвестиций в развитие предприятий. Основная задача современных инвестиционных проектов в отрасли должна обеспечивать получение конкурентоспособной продукции на основе поиска оптимальных проектных решений, обеспечивающих создание более совершенных технологических комплексов и сокращение сроков их окупаемости.

В соответствии со сказанным, проблема разработки проектных решений имеет следующие направления:

- проектные решения, направленные на отработку запасов маломощных и сложноструктурных пластов;
- проектные решения, направленные на отработку локальных участков на действующих шахтах;
- проектные решения, направленные на отработку запасов выемочных полей в зависимости от их размеров и конфигурации.

Если рассматривать проблему развития угольной отрасли с точки зрения государственных, общенациональных интересов, то отработка запасов должна осуществляться с учетом максимальной полноты их выемки. Стимулом для принятия таких технологических решений недропользователями в данном направлении должна служить эффективная система их налогообложения.

Согласно распределению запасов угля полей действующих шахт по условиям их залегания, удельный вес добычи с использованием высокопроизводительной зарубежной техники будет ограничен в пределах 25–30% вследствие значительной дифференциации условий залегания запасов даже в пределах одной шахты. Вследствие этого актуальной является проблема разработки механизма обоснования области применения высокопроизводительной техники.

Обоснование целесообразности и полноты отработки запасов с учетом их дифференциации по сложности залегания, размерам и конфигурации выемочных полей путем оценки как капитальных вложений, так и эксплуатационных затрат на производство весьма актуально. В связи с этим необходим комплексный подход к разработке проектных решений при отработке угольных месторождений подземным способом, обеспечивающих рациональное использование георесурсного потенциала строящихся и действующих шахт, чем обеспечивается достижение существенного интегрального эффекта.

Основные направления исследований и совершенствования методологических подходов к выбору технологических решений могут быть представлены следующими направлениями:

- исследования в области геолого-промышленной оценки угольных месторождений, возможности их эксплуатации, направления использования в народном хозяйстве;
- исследования в области экономической оценки угольных месторождений в период их эксплуатации, в том числе экономической оценки эффективности разработки на определенных этапах развития техники и технологии горного производства;
- исследования в области создания новых технических средств для разработки месторождений; приоритет принадлежал исследованиям по разработке месторождений, имеющих сложные условия залегания;
- исследования в области экономической оценки производственного потенциала угледобывающих регионов и их адаптации к рыночным условиям;
- исследования в области обоснования рациональных схем вскрытия, подготовки и отработки месторождений, где также приоритет отдавался месторождениям со сложными условиями залегания;
- исследования в области создания методологических основ выбора оптимальных решений при проектировании строительства, реконструкции с целью поддержания и увеличения мощностей шахт, в том числе оптимизации планов среднесрочного и перспективного планирования развития бассейнов и отрасли в целом.

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 года № 1715-р Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (ЭС-2030).
2. Астахов А.С. Геоэкономика (системная экономика промышленного недропользования). – М.: МИГЭК, 2004. – 487 с.
3. Угольная промышленность Российской Федерации в 2012 году. – М.: Росинформуголь, 2013.
4. Шулятьева Л.И. Разработка и обоснование проектных решений на различных этапах эксплуатации шахтного фонда // Уголь. – № 7. – 2006. – С. 22–24.
5. Мельник В.В., Шулятьева Л.И., Абрамкина А.Н. Обоснование и оценка потенциальных возможностей шахт с вовлечением в отработку запасов новых шахтных полей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 7. – С. 234–237. **ПИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Шулятьева Людмила Ивановна – доктор технических наук, профессор,
e-mail: schulyatjeva.mrm@yandex.ru,
Муromский институт (филиал) Владимирского государственного университета
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.

UDC 622.2:330.322

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE ASSESSMENT OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE MINING COMPLEX COAL DEPOSITS

Shulyat'eva L.I., Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: schulyatjeva.mrm@yandex.ru,
Murom Institute (Division), Vladimir State University after the Stoletovs,
602264, Murom, Russia.

This research describes the methods proving the feasibility of being involved in the mining of coal deposits taking into account the decreasing of unit cost of developing new levels of operating and new mines. The paper describes a scheme for evaluating the influence of the factors that aggravate mine development of deposits and affect their digging-out. The feasibility of deposit mine development is defined on the basis of positive difference between the value of unit cost reduction and increase of direct unit mine extraction cost. It is also offered to use an estimation method for balance-sheet value of opening-to-surface working and development working as expenditures connected with reproduction of accessed reserves. The given methods take into account reducing in the cost of amortization fund of mining enterprise with the course of time. The methods enable mineral developers to choose an appropriate variant of a particular capital investment project connected with being involved into mine development of deposits which are difficult to access from the point of view of their geological and production settings. It is possible for investors as well to take a decision concerning feasibility of participating in a particular investment project.

Key words: coal producer, feasibility, involvement in mine developing, capital investment, direct costs, process solutions, design decisions, property valuation methods.

REFERENCES

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 13 noyabrya 2009 goda no 1715-r Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda (ES-2030) (The order of the Government of the Russian Federation dated November 13, 2009 № 1715 The Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 (ES-2030)).
2. Astakhov A.S. Geoekonomika (sistemnaya ekonomika promyshlennogo nedropol'zovaniya) (Geo-economics (system economy of industrial subsoil use)), Moscow, MIGEK, 2004, 487 p.
3. Ugol'naya promyshlennost' Rossiiskoi Federatsii v 2012 godu (The Coal Industry of the Russian Federation in 2012), Moscow, Rosinformugol', 2013.
4. Shuljat'eva L.I. *Ugol'*, no 7. 2006, pp. 22–24.
5. Mel'nik V.V., Shuljat'eva L.I., Abramkina A.N. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*. 2011, no 7, pp. 234–237.