

УДК 330.101.54

*к.э.н. Белозерцев О. В.,  
к.т.н. Белозерцев В. Н.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, belozertcev@bk.ru)*

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Для оценки интенсивности влияния факторов внешней среды на экономическую безопасность предприятия предложен методический подход с использованием основных положений теории нечетких множеств, позволяющий повысить достоверность и надежность полученных результатов.*

**Ключевые слова:** методический подход, внешняя среда, теория нечетких множеств, экономическая безопасность предприятия.

**Постановка проблемы.** В современных условиях становления рыночных отношений остро стоит вопрос обеспечения экономической безопасности предприятий и их эффективной работы путем своевременной адаптации к изменениям внешней среды. Рыночная среда в трансформационной экономике характеризуется повышенной динамичностью и неопределенностью, что усложняет процесс разработки адекватных мер реагирования на внешние изменения и обуславливает необходимость проведения исследований по определению составляющих среды, анализу тенденций изменения ее факторов и оценке интенсивности их влияния. Учитывая сложную структуру внешней среды, специалистами по стратегическому управлению для проведения ее анализа разработаны разнообразные модели, которые в зависимости от поставленных целей и отраслевой принадлежности предприятия имеют разное количество уровней, элементов и учитывают многочисленные факторы, влияющие на обеспечение экономической безопасности. Однако использование моделей позволяет представить внешнюю среду в виде системы, а для разработки стратегических альтернатив и принятия решений необходимо оценить направление и интенсивность влияния каждой ее составляющей, что актуализирует задачу разработки соответствующих методических подходов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** С целью проведения постоян-

ного мониторинга и определения текущих и потенциальных изменений во внешней среде учеными предложены разные подходы к формированию моделей внешней среды и оценки влияния ее составляющих. Некоторые авторы предлагают выделить четыре уровня внешнего окружения в соответствии с решаемыми предприятием задачами: внешняя среда на уровне задачи; внешняя среда на уровне отрасли; значимая внешняя среда; макросреда [1, с. 60–62]. Другие формируют иерархическую структуру взаимодействия предприятия с внешней средой и выделяют международные; национальные; отраслевые и региональные факторы [2, с. 277–288]. Однако, большинство специалистов рассматривают внешнюю среду как систему, включающую микро- и макроуровень [3, 4]. Вместе с тем, независимо от количества уровней модели представления внешнего окружения, для оценки интенсивности влияния внешней среды специалисты используют как правило разные методики на основе экспертного опроса: непосредственно производится оценка влияния конкретного фактора с учетом его значимости; определяется сила и характер влияния среды и ее компонентов на предприятие; составляется «профиль среды»; используется специальная шкала оценок и т. п. Однако, как показал анализ, эти подходы в недостаточной степени учитывают отраслевые особенности предприятий, являются субъективными и слабо формализованными.

**Цель.** Целью данного исследования является разработка методического подхода к оценке интенсивности влияния факторов внешней среды на экономическую безопасность предприятия на основе использования основных положений теории нечетких множеств, позволяющего повысить достоверность и надежность результатов оценки, а также учитывать отраслевые особенности функционирования предприятий.

**Изложение материалов и результатов.** В процессе оценки интенсивности влияния факторов внешней среды, не имеющих количественных значений, эксперты, как правило, не имеют возможности однозначно принять решение относительно приоритетности факторов и их количественных значений, а основываются только на личном опыте и интуиции, что усиливает риск ошибочных решений. В условиях, когда трудно однозначно количественно оценить степень влияния качественных показателей на обеспечение экономической безопасности предприятия повысить достоверность результатов можно путем использования теории нечетких множеств [5, 6]. Эта теория получила свое развитие в прикладных исследованиях различных авторов [7–9]. Основываясь на основных положениях этой теории в Донбасском государственном университете разработан методический подход к оценке интенсивности влияния факторов внешней среды в условиях неопределенности. Реализация предложенного методического подхода предусматривает выполнение ряда этапов, последовательность которых приведена на рисунке 1.

На начальном этапе исследования осуществляется отбор факторов внешней среды, оказывающих наибольшее влияние на уровень экономической безопасности предприятия. При этом оценка интенсивности влияния может осуществляться раздельно как для макросреды и среды непосредственного окружения, так и посредством формирования одного набора факторов из этих уровней внешней среды.

Учитывая, что факторы внешней среды, формирующие уровень экономической безо-

пасности предприятия, могут влиять как негативно, создавая угрозы, так и позитивно, предоставляя дополнительные возможности, показатель, отображающий уровень влияния факторов среды представляется в виде значений: «границные угрозы»; «угрозы»; «нейтральное влияние»; «возможности»; «границные возможности». Для количественного описания этой переменной используется показатель, характеризующий уровень влияния среды, и который изменяется от нуля до единицы. При условии оценки влияния фактора в баллах, рангах или удельных весах, эти значения путем линейного преобразования могут быть переведены к соответствующей шкале, которую определяют как 01 носитель.

Следующим этапом исследований предусмотрено описание лингвистической переменной, которая является нечеткими множествами значений интервала уровня влияния среды. Обычно для этого используется система из пяти соответствующих трапециевидных функций принадлежности [5, 7]

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x < 0,15 \\ 10(0,25 - x), 0,15 \leq x < 0,25 \\ 0, 0,25 \leq x \leq 1, \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x \leq 0,15 \\ 10(0,15 - x), 0,15 \leq x < 0,25 \\ 1, 0,25 \leq x < 0,35 \\ 10(0,45 - x), 0,35 \leq x < 0,45 \\ 0, 0,45 \leq x \leq 1, \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x \leq 0,35 \\ 10(0,35 - x), 0,35 \leq x < 0,45 \\ 1, 0,45 \leq x < 0,55 \\ 10(0,65 - x), 0,55 \leq x < 0,65 \\ 0, 0,65 \leq x \leq 1, \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x \leq 0,55 \\ 10(x - 0,55), 0,55 \leq x < 0,65 \\ 1, 0,65 \leq x < 0,75 \\ 10(0,85 - x), 0,75 \leq x < 0,85 \\ 0, 0,85 \leq x \leq 1, \end{cases} \quad (4)$$

## ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0,75 \\ 10(x - 0,75), 0,75 \leq x < 0,85 \\ 0, 0,85 \leq x \leq 1. \end{cases} \quad (5)$$

Трапецивидные функции принадлежности  $\mu(x)$  описываются трапецивидными числами типа

$$\beta(a_1, a_2, a_3, a_4), \quad (6)$$

где  $a_1a_4$  — нижнее основание трапеции, которое определяет уверенность эксперта, что никакие значения интервала не попадут в определенное нечеткое множество;

$a_2a_3$  — верхнее основание трапеции, которое соответствует полной уверенности эксперта в правильности своей классификации;

$a_1a_2$  и  $a_3a_4$  — стороны трапеции, которые определяют некоторую область с ненулевой принадлежностью носителя  $x$ , который соответствует нечеткому подмножеству.

Для определения интенсивности влияния среды формируется базовая система показателей  $x = \{x_i\}$  (где  $i = 1 \dots n$ ), которые влияют на экономическую безопасность предприятия и характеризуют состояние среды. Уровень значимости каждого показателя можно определить с помощью экспертов или на основе использования правила Фишберна. После определения значимости факторов осуществляется процесс их распознавания на основе построения матрицы, строчками которой являются принятые к исследованию факторы, а столбцами их качественные уровни. На пересечении строк и столбцов матрицы определяются значения функций принадлежности соответствующих качественных уровней. Определение комплексного влияния факторов среды на экономическую безопасность предприятия осуществляется с помощью формулы двойного свертывания

$$A_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{j=1}^5 \gamma_j \cdot \mu_{ij}(x_i), \quad (7)$$

где  $\alpha_i$  — вес  $i$ -го фактора;

$\gamma_j$  — узловые точки стандартного классификатора;

$\mu_{ij}$  — значение функции принадлежности  $j$ -го качественного уровня относительно текущего значения  $i$ -го фактора.

На заключительном этапе исследований осуществляется распознавание показателя  $A_n$  при помощи стандартного нечеткого классификатора по функциям принадлежности и формирование соответствующих мер по адаптации предприятия к изменениям среды и повышению уровня экономической безопасности предприятия.

Предложенный методический подход был апробирован при оценке влияния среды на безопасность угледобывающего предприятия. При этом, в процессе формирования модели внешней среды шахты и оценки влияния ее составляющих необходимо учитывать особенности ее функционирования. Угледобывающие предприятия осуществляют добычу угля в разных горно-геологических условиях, которые в значительной степени осложняют производственные процессы и формируют уровень затрат. Учитывая важное значение влияния природных факторов на уровень экономической безопасности предлагается выделить их в отдельную составляющую – рабочую среду, которая непосредственно взаимодействует с угледобывающим предприятием. К основным показателям, формирующим рабочую среду, отнесены: характеристика угольного пласта; глубина работ; газодинамические явления; характеристика вмещающих пород; гидродинамические явления и тектонические нарушения. Микросреду угледобывающего предприятия предлагается формировать на основе модели отраслевой конкуренции, которая учитывает: уровень конкуренции; влияние поставщиков и потребителей; возможность появления новых конкурентов и товаров-заменителей. Макросреда охватывает факторы, которые опосредственно влияют на формирование экономической безопасности угледобывающего предприятия и объединены в четыре группы: общественно-экономические; научно-технические; политико-правовые и социально-демографические.

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

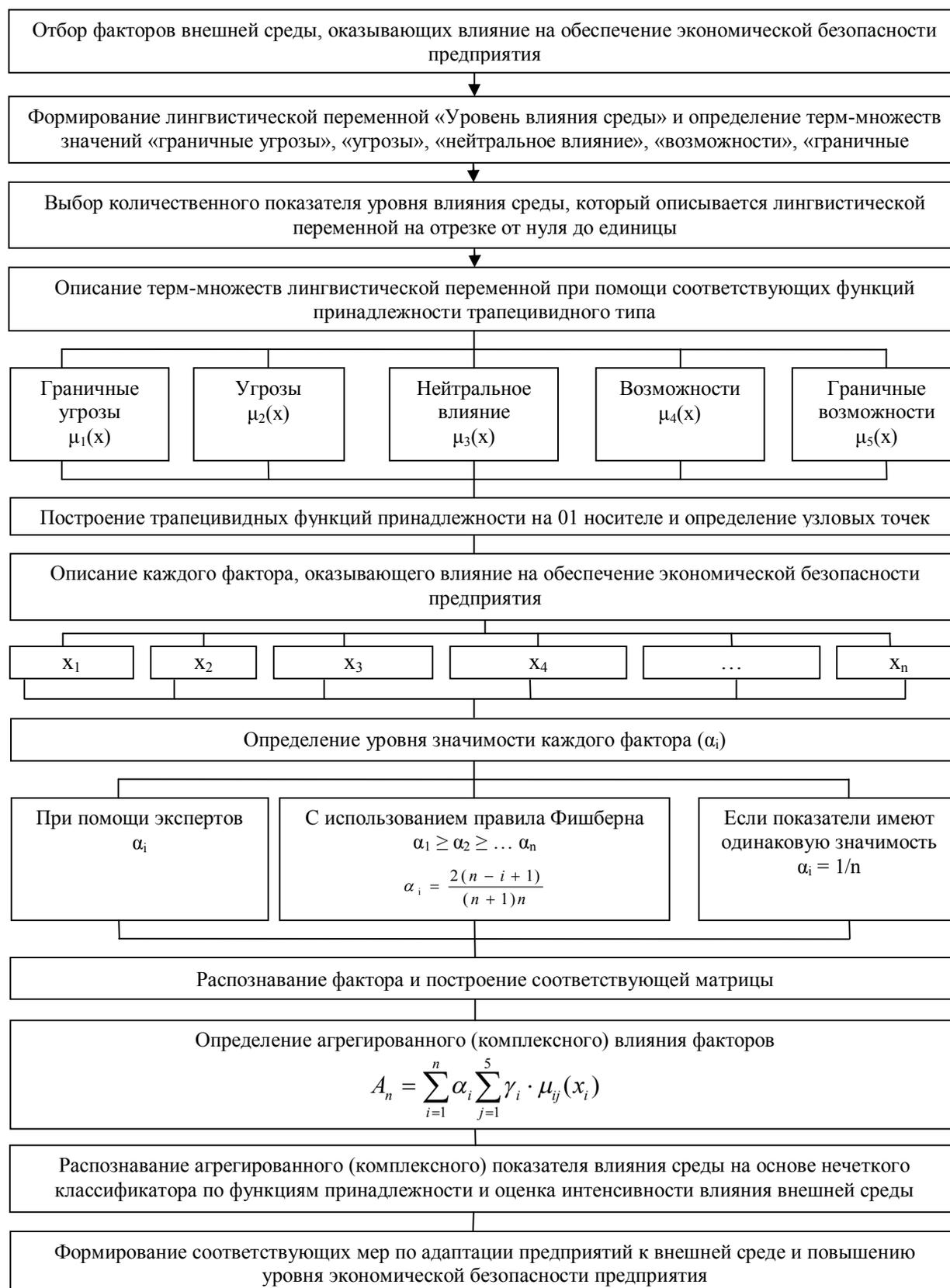


Рисунок 1 Последовательность этапов определения интенсивности влияния внешней среды на основе теории нечетких множеств

Учитывая значение непосредственного влияния параметров рабочей среды на экономическую безопасность предприятия, апробацию предложенного методического подхода по определению интенсивности влияния среды осуществим для факторов рабочей среды условного угледобывающего предприятия. Шахта отрабатывает угольный пласт мощностью 1,37 м с трудно обрушаемыми породами кровли на глубине 1085 м. Шахта по газу отнесена к сверхкатегорийной и склонной к внезапным выбросам. Ее поле характеризуется простыми гидрогеологическими условиями с водопритоком до 65 м<sup>3</sup>/год, без резких колебаний с коэффициентом неравномерности водопритоков 1,05. Средний коэффициент дизъюнктивной нарушенности составляет 32 м/га, а нарушения других типов охватывают 3,5 % площади отрабатываемых пластов.

Учитывая, что горно-геологические факторы рабочей среды могут способствовать повышению эффективности работы шахты, а также ее ограничивать, шкалу 01 носителя представим таким образом, что значения 0,51–1,0 характеризуют возможности, а 0–0,5 — угрозы. В соответствии с этой шкалой все показатели делятся на те, которые являются благоприятными для ведения горных работ, а также те, которые усложняют производственный процесс по добыче угля, что обуславливает определение их средних значений. В качестве средних значений показателей предлагается принять: мощность пласта, ограничивающую эффективное применение механизированных комплексов нового технического уровня (1 м); глубину работ (800 м), которая определяется как граничными условиями применения одноканатных подъемов, так и средним показателем ведения горных работ на угледобывающих предприятиях; шахты, отнесенные к III категории по газу и которые не требуют проведения дополнительных специальных мероприятий по дегазации; породы кровли, отнесенные к средней категории по устойчивости и обрушаемости; шахты со средними гидрогеологическими условиями (водоприток составля-

ет до 200 м<sup>3</sup>/год без резких колебаний с коэффициентом неравномерности водопритока до 1,2); шахты у которых средний коэффициент дизъюнктивной нарушенности не превышает 50 м/га, нарушения других типов охватывают не больше 5–7 % площади отрабатываемых пластов [10, с. 150].

Преимуществом предлагаемого методического подхода является возможность использования результатов анализа, полученных другими специалистами по различным шкалам в результате оценок влияния макро-, микросреды и рабочей среды. Таким образом, показатель рабочей среды условной шахты можно перевести к стандартному 01-носителю следующим образом:  $x_1=0,8$ ;  $x_2=0,2$ ;  $x_3=0,1$ ;  $x_4=0,1$ ;  $x_5=0,95$ ;  $x_6=0,95$ . При условии когда невозможно определить значимость показателей целесообразно использовать правило Фишберна, которое предусматривает определение веса показателей, расположенных в порядке убывания значимости ( $\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \alpha_n$ ) по формуле

$$\alpha_i = \frac{2(n - i + 1)}{(n + 1)n}, \quad (8)$$

где  $n$  — количество показателей, принятых к оценке.

С целью оценки угроз/возможностей рабочей среды формируется матрица, позволяющая определить интенсивность влияния ее составляющих (табл. 1).

В соответствии с предложенным подходом процесс распознавания позволяет установить, что фактор  $x_1$  со степенью уверенности 0,5 открывает возможности и с такой же уверенностью – граничные возможности. Распознавание второго фактора со степенью уверенности 0,5 позволяет отнести его к угрозам и граничным угрозам. Распознавание факторов  $x_3$  и  $x_4$  позволяет однозначно отнести их к граничным угрозам, а факторов  $x_5$  и  $x_6$  – к граничным возможностям. На основе данных таблицы 1 осуществляется расчет агрегированного уровня влияния рабочей среды на экономическую безопасность угледобывающего предприятия по формуле (7)

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

$$A_n = 0,286 \cdot (0,7 \cdot 0,5 + 0,9 \cdot 0,5) + 0,238 \cdot (0,1 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 0,5) + 0,19 \cdot 0,1 \cdot 1 + 0,143 \cdot 0,1 \cdot 1 + 0,095 \cdot 0,9 \cdot 1 + 0,048 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,444.$$

Распознавание полученного результата по формуле 3 позволяет позиционировать уровень влияния рабочей среды на 90%, как нейтральный.

В процессе оценки уровня влияния среды на экономическую безопасность предприятия в соответствии с предложенным подходом в зависимости от решаемых задач и отраслевых особенностей функционирования предприятия количество факторов может быть увеличено или уменьшено. Однако, увеличение количества факторов в процессе оценки может привести к ситуации, когда будет снижена значимость каждого из них, и вместо более полного учета факторов будет обесценено

влияние очень важного фактора, что может привести к ошибочным результатам. В случае, когда необходимо оценить влияние значительного количества факторов, их целесообразно объединить в группы.

Анализируя полученные результаты следует отметить, что, несмотря на общую оценку влияния рабочей среды на экономическую безопасность как нейтральную, наибольшую угрозу представляют такие факторы как газодинамические явления и боковые породы. Снижение негативного влияния этих факторов за счет проведения специальных мероприятий позволит повысить эффективность работы очистных забоев и уровень экономической безопасности шахты.

Таблица 1

Матрица для оценки угроз/возможностей

Факторы	Значимость факторов, $\alpha_i$	Значение лингвистической переменной «Степень влияния рабочей среды»				
		Граничные угрозы	Угрозы	Нейтральное влияние	Возможности	Граничные возможности
$x_1$ — мощность пласта	0,286	0	0	0	0,5	0,5
$x_2$ — глубина работ	0,238	0,5	0,5	0	0	0
$x_3$ — газодинамические явления	0,19	1	0	0	0	0
$x_4$ — боковые породы	0,143	1	0	0	0	0
$x_5$ — гидродинамические явления	0,095	0	0	0	0	1
$x_6$ — тектонические нарушения	0,048	0	0	0	0	1
Узловые точки, $\gamma_i$		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9

Основной метод борьбы со скоплением метана на шахтах — это деятельное проветривание, которое обеспечивает снижение концентрации газа в атмосфере подземных выработок до безопасной концентрации, установленной правилами безопасности [11, с. 105–110]. В тех случаях, когда способами вентиляции невозможно достичь необходимого снижения содержания метана в шахтной атмосфере, применяют дегазацию источников метановыделения,

которая является эффективным методом борьбы с газом разрабатываемых пластов; пластов-спутников; выработанного пространства. В зависимости от источника метановыделения и его интенсивности используют разные схемы дегазации, эффективность которых достигает 0,3–0,6. Из выработанного пространства действующего очистного забоя метановоздушная смесь отводится при помощи газопровода и центробежного вентилятора. При значительной

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

газопроницаемости угля дегазация пластов осуществляется путем бурения из подготовительных выработок скважин и по трубопроводам вакуум-насосами осуществляют отвод метана. Для сокращения сроков дегазации используют предварительный гидроразрыв пластов путем закачки в скважину воды под давлением с последующим отделением метана. При значительной газообильности используют комплексную дегазацию, схемой которой предусматривается бурение скважин с поверхности и гидроразрыв пласта, а также бурение дегазационных скважин по пласту.

Вскрытие, подготовка и разработка угольных пластов, опасных или угрожаемых по внезапным выбросам, осуществляется по специальным проектам, предусматривающим определенный порядок отработки пластов, способ вскрытия, систему разработки, а также мероприятия по предупреждению и борьбе с выбросами. Защитные мероприятия делятся на региональные (которые охватывают значительные площади угольных или их свит и выполняются до начала очистных и подготовительных работ) и локальные (которые проводятся в отдельных горных выработках и осуществляются непосредственно в забоях).

Региональные способы предназначены для предварительной обработки угольного массива впереди очистных и подготовительных забоев и осуществляется при помощи скважин, пробуренных из ранее проведенных подготовительных выработок. К региональным способам предупреждения внезапных выбросов угля и газа относятся: дегазация угольных месторождений, предварительное увлажнение угольных пластов, а также опережающая отработка защитных пластов.

Локальные способы предусматривают обработку части массива угля непосредственно в забое и осуществляются из очистных и подготовительных выработок в процессе ведения горных работ. К локальным способам предупреждения внезапных выбросов угля и газа относятся: гидроразру-

шение угольного пласта; гидроотжим; увлажнение угольного пласта под низким давлением; образование разгрузочных щелей; бурение опережающих скважин и др.

Разработка угольных пластов с труднообрушаемой кровлей является очень сложным процессом, который сопровождается деформацией секций механизированных комплексов и завалами очистных забоев. В связи с чем вопросы управления труднообрушаемой кровлей решаются в двух направлениях: созданием механизированных комплексов повышенной несущей способности; разработка и внедрение специальных мероприятий по ослаблению труднообрушаемой кровли. К таким мероприятиям относятся: опережающее торпедирование; принудительное обрушение кровли и др.

Негативное влияние такого фактора как глубина работ, не может быть снижена даже при помощи специальных мероприятий, потому что обусловлен непосредственно глубиной залегания угольных пластов, углом их падения и длительностью работы угледобывающего предприятия. Увеличение глубины работ способствует снижению стойкости боковых пород и ухудшению условий проведения и поддержания горных выработок, росту опасности и интенсивности условий газодинамических явлений, повышению температуры пород и повышению пожароопасности угольных предприятий. Вместе с тем, для нейтрализации негативных последствий, обусловленных влиянием глубины работ, могут быть приняты профилактические и специальные мероприятия. Так повышение температуры пород в связи с ростом глубины работ обуславливает применение специальных установок по охлаждению воздуха и др.

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Для оценки интенсивности влияния внешнего окружения на экономическую безопасность предприятия разработан методический подход, позволяющий на основе использования основных положений

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

теории нечетких множеств, а также количественных и качественных оценок полученных по разным шкалам, выполненных в процессе ранее проведенных исследований или в ходе настоящих исследований, повысить достоверность и надежность полученных результатов и учитывать отраслевые особенности функционирования предприятия в процессе оценки влияния факторов.

Реализация предложенного подхода позволит снизить риск принятия ошибочных

решений, оценивать уровень влияния среды, своевременно определять факторы, которые могут стать угрозой, а также разрабатывать адекватные меры по нейтрализации негативного влияния факторов внешнего окружения.

Апробация предложенного подхода на примере оценки влияния факторов рабочей среды условной шахты на ее экономическую безопасность подтверждает его работоспособность.

**Библиографический список**

1. Бажин, И. И. *Управление изменениями [Текст] / И. И. Бажин.* — Харьков : Консум, 2006. — 384 с.
2. Василенко, В. А. *Менеджмент устойчивого развития предприятий [Текст] : монография / В. А. Василенко.* — К. : Центр учебной литературы, 2005. — 648 с.
3. Веснин, В. Р. *Стратегическое управление [Текст] : учебник / В. Р. Веснин.* — М. : Проспект, 2018. — 328 с.
4. Савельева, Н. А. *Стратегический менеджмент [Текст] / Н. А. Савельева.* — Ростов н/Д : Феникс, 2017. — 382 с.
5. Заде, Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] : пер. с англ. / Л. Заде.* — М. : Мир, 1976. — 166 с.
6. Кофман, А. *Введение в теорию нечетких множеств [Текст] : пер. с франц. / А. Кофман.* — М. : Радио и связь, 1982. — 432 с.
7. Недосекин, А. О. *Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний [Текст] : дис. ... д-ра экон. наук : спец. 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» / А. О. Недосекин.* — СПб., 2003. — 210 с.
8. *Имитационное моделирование в экономике и управлении [Текст] / под ред. А. А. Емельянова.* — М. : ИНФРА-М, 2019. — 592 с.
9. Назаров, Д. М. *Интеллектуальные системы: основы теории нечетких множеств [Текст] : учеб. пособие для академического курса бакалавриата / Д. М. Назаров, Л. К. Кольшиева.* — [3-е изд., испр. и доп.]. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 186 с. — (Бакалавр. Академический курс).
10. *Геологічні роботи на вугледобувних підприємствах України [Текст] : інструкція / М-во палива та енергетики України.* — Донецьк : ТОВ «АЛАН», 2001. — 384 с.
11. Грядущий, Б. А. *Опасные и вредные факторы подземной добычи угля в технологическом, социальном и экологическом аспектах [Текст] / Б. А. Грядущий.* — Донецк : ЦБНТИ угольной промышленности, 1994. — 158 с.

© Белозерцев О. В.

© Белозерцев В. Н.

**Рекомендована к печати д.э.н., проф., зав.каф. ЭиУ ДонГТУ Коваленко Н. В.,  
нач. управления экономики, рыночных отношений и собственности  
Администрации г. Алчевска ЛНР Гребеньковой С. П.**

Статья поступила в редакцию 22.05.20.

**PhD in Economics Belosertsev O. V., PhD in Engineering Belosertsev V. N. (DonSTU, Alchevsk, LPR, belozertcev@bk.ru)**

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE ECONOMIC SECURITY OF THE ENTERPRISE**

*To assess the intensity of impact of environmental factors on the economic security of the enterprise there has been given the methodological approach with the use of conceptual issues of fuzzy set theory, allowing to improve the accuracy and reliability of the results.*

**Key words:** *methodological approach, external environment, fuzzy set theory, economic security of the enterprise.*