

УДК 338.27
JEL B41

Л. В. Скопина, Н. Е. Шубников

*Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия*

l.v.skopina@gmail.com; nikita.shubnikov@gmail.com

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В НЕФТЕДОБЫЧЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКОВ

Освоение нефтяного месторождения является долгосрочным капиталоемким инвестиционным проектом, характеризующимся неполнотой и неточностью информации об условиях реализации. Оценка эффективности разработки лицензионного участка невозможна без учета неопределенности, сопутствующей нефтедобыче. Анализируется современное состояние нефтяного комплекса России, выделяются основные риски, оказывающие влияние на деятельность нефтедобывающих компаний. Предлагается классификация рисков по качественным и количественным характеристикам. Рассматриваются современные методы оценки экономической эффективности инвестиций в освоение нефтяных месторождений в новых регионах добычи, показывается целесообразность применения теории нечетких множеств. Актуализируется задача построения экспертных систем для оценки инвестором эффективности разработки нефтяных ресурсов в условиях неопределенности и рисков. Предлагается схема экспертной системы для оценки эффективности разработки ресурсов нефти с использованием элементов теории нечетких множеств.

Ключевые слова: неопределенность и риски нефтедобычи, экономическая эффективность инвестиционного проекта, нечеткое моделирование, экспертная система.

Сырьевой характер российской экономики обуславливает высочайшую значимость показателей нефтедобычи для стабильного функционирования страны. От цен на нефть зависит поступление экспортных пошлин на углеводороды и приток валюты в казну, а также показатели торгового баланса. Прогнозируемые цены на нефть используются при планировании бюджета, влияют на прогноз доходных статей баланса.

По информации Федеральной службы государственной статистики¹ добыча нефти и газового конденсата в России в январе-ноябре 2013 г. составила 478,1 млн тонн, что превышает соответствующий показатель 2012 г. на 0,9 %. На переработку поступило 253,6 млн тонн, а на экспорт отправлено 215,8 млн тонн. Доля экспорта в добыче составила 45,1 %, удельный вес экспорта нефти в общем объеме российского экспорта – 33,2 %, а в экспорте топливно-энергетических товаров – 47 %. Россия является одним из лидеров мировой нефтедобычи: по итогам 2013 г. в стране было добыто 523,2 млн тонн нефти, что позволило опередить ближайшего конкурента – Саудовскую Аравию.

Вместе с тем в настоящее время в развитии нефтяного комплекса наблюдаются следующие негативные тенденции:

¹ О состоянии рынка нефти в январе-ноябре 2013 года. URL: http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d03/12.htm (дата обращения 02.02.2014).

- истощение основных нефтяных месторождений Западной Сибири;
- снижение среднесуточных дебитов скважин на старых и вводимых в разработку новых месторождениях;
- низкие темпы освоения новых перспективных районов добычи;
- слабое развитие нефтяной инфраструктуры Восточной Сибири и Дальнего Востока, полуострова Ямал, континентального шельфа арктических морей;
- отставание объемов прироста запасов, осуществляемого за счет проведения геолого-разведочных работ, от объемов добычи нефти;
- увеличение доли трудноизвлекаемых запасов в структуре минерально-сырьевой базы;
- низкая степень инвестирования в развитие нефтяной отрасли, в частности в поисковые и разведочные работы.

Анализ негативных тенденций развития нефтяного комплекса России позволяет сделать вывод о необходимости скорейшего освоения нефтяных ресурсов, расположенных в малоизученных регионах страны, а также увеличения эффективности нефтедобычи в традиционных регионах. Осуществление любого проекта в нефтедобыче (освоение новых месторождений или проведение работ на уже разрабатываемых участках) требует проведения наиболее качественной и полной оценки экономической эффективности.

Развитие нефтяного комплекса Востока России является одним из государственных приоритетов в области энергетической безопасности. В первую очередь это обусловлено наличием богатых топливно-энергетических ресурсов, а также необходимостью диверсификации экспорта нефти и выхода на энергетические рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Освоение новых топливно-энергетических ресурсов требует качественного инвестирования, как со стороны государства, так и со стороны частных компаний. В [1] авторы отмечают характерные для России преграды к осуществлению инвестиций в нефтяную отрасль:

- система налогообложения, имеющая выраженный фискальный характер и не дающая стимулов для инновационной деятельности и осуществления инвестиций в капиталоемкие проекты;
- увеличение прямого участия государства в нефтяном секторе через подконтрольные компании, что приводит к усилению монопольных тенденций и подавлению конкуренции;
- высокие барьеры для участия иностранного капитала при освоении ресурсных объектов.

С учетом указанных проблем нефтяной отрасли и преград для инвестирования неудивителен тот факт, что в настоящее время фактические показатели добычи нефти в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке отстают от индикаторов, заданных в ЭС-2030². Это также связано с проблемами, которые сопровождают развитие энергетического комплекса в данных регионах:

- более высокие затраты на освоение нефтяных месторождений по сравнению с традиционными регионами добычи;
- недостаточный объем проводимых геологоразведочных работ;
- неразвитая инфраструктура, в том числе транспортная;
- дефицит инвестирования со стороны недропользователей, связанный с недостаточными мерами стимулирования со стороны государства и высокими неопределенностями и рисками.

Таким образом, принимая во внимание все трудности, с которыми связана нефтедобыча на Востоке России, необходимо говорить о построении грамотной системы инжиниринга для освоения новых месторождений, которое должно рассматриваться как долгосрочный капиталоемкий инвестиционный проект. «Инжиниринг формирует научные, технологические и управленческие основы разработки и реализации инвестиционных проектов» [2. С. 29].

Неэффективное освоение инвестиций в нефтяном секторе является следствием снижения научного и инженерного потенциала в России. Деградация подрядного комплекса (проектных институтов и конструкторских бюро), решавшего все отраслевые задачи, приводит к не-

² Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. URL: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/> (дата обращения 29.10.2013).

обходимости привлечения зарубежных инжиниринговых компаний для осуществления крупных инвестиционных проектов в нефтедобыче.

В контексте оценки инвестиционных проектов в нефтяной отрасли уместно говорить о таком понятии, как стоимостной инжиниринг. Согласно стандарту Саморегулируемой организации Некоммерческого партнерства «Национальное объединение специалистов стоимостного инжиниринга»³, стоимостной инжиниринг – комплекс методов и средств управления стоимостью инвестиционного проекта на всех этапах его жизненного цикла, включающий: бюджетное планирование проекта, оценку эффективности капитальных вложений (инвестиционную оценку), сметное ценообразование, экспертизу сметной стоимости строительства, нормирование стоимости строительства, стоимостной контроль процесса реализации проекта, анализ фактических затрат.

Стоимостной инженер – образованный, обученный и достаточно квалифицированный специалист для развития и применения в практической деятельности (на основе принципов проектирования, техники, технологии) методов и средств управления стоимостью проекта, которое включает оценку сметы, стоимостной контроль за уровнем издержек и бюджета проекта в целом, проектирование стоимости, управление эффективностью строительства, оценку капиталовложений (инвестиционную оценку), анализ рисков и фактическую стоимость проекта.

В статье авторами применительно к инвестиционным проектам в нефтедобыче рассматривается лишь один из аспектов стоимостного инжиниринга, а именно современные подходы к оценке эффективности капитальных вложений – инвестиционная оценка с учетом неопределенности и рисков. Также необходимо отметить тот факт, что в отличие от мировой практики в нашей стране профессия стоимостного инженера нова и не востребована вследствие отсутствия соответствующих программ обучения, поэтому для оценки инвестиционных проектов в нефтяной отрасли представляется по-прежнему актуальным развитие экспертного оценивания.

Привлечение инвестиций, необходимых для осуществления проекта нефтедобычи, возможно только на основе достоверной и эффективной экономической оценки освоения нефтяных месторождений. В докладе генерального директора Института энергетической стратегии В. В. Бушуева в рамках Национального нефтегазового форума⁴ сказано, что одним из основных направлений инновационного развития нефтяного комплекса является разработка современных методов оценки нефтяных месторождений. Одной из главных составляющих, необходимых для эффективной геолого-экономической оценки нефтедобычи, является наличие максимально полной и достоверной информации о минерально-сырьевой базе, создание которой невозможно без привлечения компетентных экспертов.

Если во времена СССР была хорошо развита геологическая служба, занимавшаяся проведением геологических исследований и геологоразведочных работ, то в наши дни ситуация кардинально изменилась в худшую сторону. После развала СССР не было произведено необходимых действий для реорганизации и адаптации функционирования геологической службы к современным условиям. Прекращение государственного финансирования привело к массовым увольнениям и ликвидации аналитической и статистической базы исследований, расформировывались целые научные направления и коллективы, была нарушена преемственность в подготовке кадров. На фоне развала геологической службы и недостаточного финансирования на современном этапе маловероятно ожидать эффективного прогнозирования рентабельности разработки нефтяных месторождений, особенно в малоизученных регионах страны, что негативно влияет на темпы воспроизводства минерально-сырьевой базы. Потеряна связь между академическими, отраслевыми, проектными институтами и недропользователями в оценивании вовлечения в эксплуатацию новых нефтяных участков, что приводит к нерациональному и неэффективному распределению и использованию лицензий на право освоения нефтяных месторождений. Прогнозы по объемам добычи редко совпадают с фак-

³ Основные положения о стандартизации стоимостного инжиниринга. URL: <http://www.nossi.ru/> (дата обращения 06.02.2014).

⁴ В. В. Бушуев, пленарная сессия Национального нефтегазового форума «Повышение производственной и экономической эффективности отрасли: точки роста и развитие конкуренции», 19 марта 2013 г., Москва.

тической динамикой отбора, что обусловлено проблемой низкого качества исходной информации.

Для того чтобы оценивать экономическую эффективность разработки нефтяного месторождения, необходимо выделить основные риски, с которыми сталкиваются нефтедобывающие компании. Эффективное управление рисками в условиях неопределенности – одна из приоритетных задач нефтяных компаний. «Неопределенность – это неполнота и неточность информации об условиях реализации проекта. Под риском понимается возможность возникновения таких условий, которые приведут к негативным последствиям для всех или отдельных участников проекта» [3. С. 397].

Риски встречаются в следующих отраслевых сегментах нефтедобычи: геологоразведка и добыча, транспортировка и хранение, переработка и сбыт. Анализ отечественной и зарубежной литературы позволил авторам статьи провести классификацию групп рисков, с которыми сталкиваются нефтяные компании России (см. таблицу). Важным для исследования оценки эффективности освоения нефтяного месторождения является разделение рисков на количественные, которые могут быть оценены численно, и качественные, которые могут быть оценены численно только с помощью экспертов.

Классификация рисков в нефтедобыче *

Группа рисков	Виды рисков	Оценка рисков
Отраслевые риски	1. Риск резкого снижения цен на нефть Деятельность добывающих компаний напрямую зависит от цен на нефть, которые подвержены колебаниям и могут изменяться в зависимости от следующих факторов: • уровень запасов и добычи нефти в мире; • конъюнктура мирового рынка, баланс спроса и предложения на нефть – текущие и прогнозные значения; • циклы неравномерного развития и в особенности экономические кризисы; • экономическая ситуация в странах, являющихся основными поставщиками и потребителями нефти; • войны и политическая нестабильность; • стоимость и доступность альтернативных источников энергии; • развитие науки и внедрение новых технологий добычи; • деятельность биржевых спекулянтов.\	Кол.
	2. Риск сезонных колебаний спроса на нефть	Кол.
	3. Риски, связанные с транспортировкой нефти и нефтепродуктов Транспортировкой нефти и нефтепродуктов как внутри страны, так и на экспорт занимаются государственные монополии: ОАО «АК «Транснефть»», ОАО «Транснефтепродукт», ОАО «РЖД». Таким образом, все нефтяные компании находятся в зависимости от транспортных монополий и испытывают риски в связи с возможностью следующих негативных событий: ограничение доступа к транспортной инфраструктуре, рост тарифов на транспортировку, ухудшение транспортной инфраструктуры	Кол.
	4. Риски изменения экспортного и импортного регулирования: квотирование, заградительные пошлины	Кол.

* Таблица составлена авторами. Сокращения: кол. – риски, которые могут быть оценены количественно, кач. – риски, которые могут быть оценены качественно.

Продолжение таблицы

Группа рисков	Виды рисков	Оценка рисков
	5. Риски конкуренции в отрасли: • конкуренция на рынках сбыта нефти и нефтепродуктов; • конкуренция за право получения лицензий на доступ к новым месторождениям; • конкуренция за квалифицированные кадры; • новые факторы конкуренции, становящиеся все более актуальными в связи с глобализацией и формированием единого энергетического пространства	Кач.
	6. Технологические и экологические риски, связанные с процессом нефтедобычи	Кач.
	7. Риск роста операционных издержек: увеличение тарифов на электроэнергию, увеличение затрат на оплату труда, увеличение стоимости сырья, оборудования	Кол.
	8. Геологоразведочные риски: • неопределенность и вероятностные оценки количественных и качественных оценок запасов нефти; • риск ошибочного оценивания запасов; • риск открытия и подтверждения продуктивных в коммерческом плане запасов нефти в результате проведения геологоразведочных работ	Кол.
Правовые риски *	1. Риски изменения валютного регулирования Нефтяные компании России являются активными участниками внешнеэкономических операций. Участие в экспортно-импортных отношениях предполагает формирование части доходов, активов и обязательств нефтяных компаний в иностранной валюте. Поэтому существует риск финансовых потерь вследствие изменений политики управления обменными курсами. Изменение валютного регулирования может негативно сказаться на исполнении договоров, заключенных с иностранными поставщиками и покупателями, предусматривающими регулярные выплаты в валюте	Кол.
	2. Риски антимонопольного регулирования Ужесточение антимонопольных требований может негативно сказаться на деятельности нефтяных компаний вследствие специфики российского нефтяного рынка, основными игроками которого являются несколько крупных вертикально-интегрированных компаний	Кач.
	3. Риски изменения налогового законодательства Налоговая система России находится в процессе постоянного реформирования, возможны изменения налоговой системы со стороны государства в целях увеличения поступлений от деятельности нефтяных компаний в бюджет: ужесточение налогового законодательства, введение новых налогов, увеличение ставок действующих налогов	Кол.
	4. Риски изменения законодательства и условий недропользования: • изменения судебной практики по вопросам недропользования;	Кач.

* Несовершенство российского законодательства и правовой системы в области недропользования приводит к формированию неопределенности и соответствующих рисков в нефтяной отрасли.

Продолжение таблицы

Группа рисков	Виды рисков	Оценка рисков
	• изменения законодательства о лицензировании; • риски ограничений в области пользования недрами, в частности риск утраты права пользования недрами; • изменения экологических норм; • изменения таможенного законодательства	
Финансовые риски *	1. Риск изменения процентных ставок Как увеличение, так и снижение процентных ставок может оказать негативное влияние на финансовые показатели компаний. Увеличение процентных ставок приведет к удорожанию заемного финансирования. С другой стороны, снижение процентных ставок негативно скажется на компаниях, которые размещают свободные денежные средства на депозитах в банках	Кол.
	2. Валютный риск – риск неблагоприятного изменения курсов иностранных валют Данному риску подвержены компании, осуществляющие внешнеэкономическую деятельность, экспортирующие нефть и получающие прибыль в иностранной валюте, а также компании, закупающие оборудование и сырье за рубежом	Кол.
	3. Риск роста темпов инфляции Данный риск имеет влияние в области операционных затрат нефтяных компаний, инфляции подвержены затраты на выплату заработной платы, электроэнергию, транспортировку нефти и т. д.	Кол.
	4. Риски ликвидности: • снижение ликвидности активов компании; • снижение ликвидности и устойчивости финансово-кредитной системы	Кач.
	5. Риск снижения кредитного рейтинга компании Может быть обусловлен резкими изменениями цен на нефть, ухудшением экономической и политической ситуации в России	Кач.
	6. Кредитные риски: неоплата поставленной продукции со стороны покупателей	Кач.
Региональные и страновые риски **	1. Страновые риски Российской Федерации: Политические риски: • существенное влияние государства на нефтяную отрасль (выдача лицензий, энергетическая стратегия страны, национализация активов и т. д.); • конфликты между федеральной властью и субъектами РФ; • политическая и государственная нестабильность;	Кач.

* Финансовые риски влияют на показатели финансовой отчетности нефтяных компаний. Наиболее подвержены влиянию финансовых рисков следующие показатели: прибыль, свободные денежные средства, кредиторская задолженность. Финансовые риски могут возникать как вследствие изменения кредитно-денежной политики ЦБ РФ, так и в результате изменений на мировом финансовом рынке.

** Страновые риски делятся на риски, с которыми нефтяные компании сталкиваются в России, и риски, которые возникают в результате внешнеэкономической деятельности. Региональные риски возникают в регионах добычи нефти.

Продолжение таблицы

Группа рисков	Виды рисков	Оценка рисков
	• влияние криминальных структур, возможность террористических актов; • высокий уровень бюрократии; • высокий уровень коррупции; Экономические риски: • неразвитая финансовая и банковская системы; • устаревающая неразвитая инфраструктура российской экономики; • сильная зависимость экономики от цен на сырье; • экономическая нестабильность; Социальные риски	
	2. Страновые риски зарубежных стран также разделяются на политические, экономические и социальные. Важно отметить такие факторы, влияющие на нестабильность мирового рынка нефти, как: • расширение зоны политических и военных конфликтов в регионах добычи нефти; • усиление международной террористической активности	Кач.
	3. Региональные риски возникают в основных регионах ведения деятельности и зависят от следующих факторов: • уровень развития регионов, уровень развития инфраструктуры в потенциальных регионах добычи; • экологические и климатические условия; • военные конфликты, народные волнения, забастовки; • дефицит высококвалифицированных кадров	Кач.
Риски деятельности *	1. Экологические риски: • ужесточение экологических требований, например, по выбросам углекислого газа; • репутационные риски, связанные с неспособностью предотвращать экологические риски и устранять негативные последствия данных рисков; • несоответствие производства экологическим нормам; • требования по охране окружающей среды 2. Технологические риски и риски промышленной безопасности: • производственные катастрофы; • выход оборудования из строя 3. Риск невыполнения планов по добыче, переработке, сбыту нефти 4. Риск потери потребителей 5. Риск текущих судебных процессов 6. Риск отсутствия возможности продлить действие лицензии на осуществление деятельности (геологическое изучение, разведку, добычу нефти) 7. Риск нехватки квалифицированных кадров: • мировой дефицит специалистов необходимой квалификации;	Кач.

* В процессе поиска, добычи, переработки, хранения, транспортировки и сбыта нефти компании сталкиваются с рядом рисков, которые оказывают влияние на результаты деятельности.

Окончание таблицы

Группа рисков	Виды рисков	Оценка рисков
	• старение сотрудников, трудности в поиске замены, высокие затраты на подготовку молодых специалистов; • повышения спроса на высококвалифицированных специалистов со стороны зарубежных компаний, что приводит к необходимости повышения заработной платы; • нехватка специализированных учебных учреждений; • отсутствие программ развития и поддержки молодых специалистов	
	8. Строительные риски	

Итак, не все риски и неопределенности, указанные выше, возможно оценить количественно, например, на основании статистических данных. Но для проведения эффективной геолого-экономической оценки освоения нефтяного месторождения необходимо учитывать все факторы, поэтому актуальным становится создание инструмента, способного при оценке учитывать не только количественные, но и качественные характеристики. Одним из способов учета качественных показателей является применение экспертных методов.

Проведение геологоразведочных работ и дальнейшая разработка месторождения должна рассматриваться как долгосрочный инвестиционный проект, осуществляемый в условиях неопределенности и рисков. Денежный поток в нем формируется из всех затрат, сопутствующих эксплуатации месторождения, и доходов от продажи сырой нефти на внутреннем рынке и ее экспорта. В этой связи С. Л. Садов и Б. И. Тарбаев в статье [4] отмечают, что экономическая эффективность мероприятий по вовлечению в хозяйственный оборот нефтяного месторождения оценивается в рамках соответствующего инвестиционного проекта, охватывающего все стадии процесса – от поисков и разведки до добычи и реализации готовой продукции.

Для оценки эффективности инвестиционного проекта рассматривают следующие основные показатели: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма рентабельности, индекс доходности инвестиций, индекс доходности затрат, срок окупаемости инвестиций. Но использовать их можно только в том случае, если точно известны все входящие в них параметры [3]. Для рассматриваемого инвестиционного проекта в малоизученных регионах применение этих показателей требует учета факторов риска и неопределенности исходных данных. Необходимо также осознавать, что геологические параметры освоения нефтяных месторождений обладают вероятностными характеристиками.

Отечественной научной школой активно разрабатываются методы экономической оценки эффективности освоения нефтяных ресурсов, учитывающие вероятностную природу характеристик. Отдельно следует отметить работу сотрудников Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья А. А. Герта, Н. А. Супрунчик, О. Г. Немовой, К. Н. Кузьминой и др., занимающихся стоимостной оценкой нефтяных месторождений с учетом неопределенности и рисков. В частности, коллективом был разработан программный комплекс «Стратегия» [5]. Комплекс ориентирован на вероятностную стоимостную оценку эффективности инвестиций в геологоразведочные работы. Вместе с тем необходимо отметить тот факт, что, принимая во внимание лишь характеристики, обладающие вероятностной природой и поддающиеся количественной оценке, но не учитывая качественные параметры, невозможно получить достоверную геолого-экономическую оценку эффективности освоения нефтяного месторождения.

Несмотря на очевидные преимущества от применения подобных программных продуктов, их использование ограничено высокой стоимостью. Кроме того, применение аналогичных продуктов ограничивается отсутствием централизованной базы данных о нефтяных месторождениях и их характеристиках, что связано, во-первых, с закрытостью информации, а во-вторых, с отсутствием универсального стандартизированного аппарата оценки. Положитель-

ным примером создания универсальной базы данных о различных объектах можно считать рынок жилой и коммерческой недвижимости.

Назрела объективная необходимость в создании универсального и общедоступного инструмента для оценки геолого-экономической эффективности освоения нефтяных месторождений, имеющего возможность отвечать на вопросы государства и недропользователей.

Традиционные методы оценки не могут дать точных результатов, так как нефтедобыча характеризуется множеством неопределенностей на всех стадиях освоения месторождения. Методы оценки эффективности с учетом рисков гораздо эффективней традиционных, но также имеют существенные недостатки, так как не позволяют учесть все виды возникающей неопределенности. В статье [4] авторы констатируют, что, несмотря на существование обширной литературы по оценке эффективности инвестиционных проектов, выбор метода – сложная и многогранная проблема, связанная с высокой степенью влияния неопределенности на результаты оценки экономической эффективности проектов, далека от решения, и отмечают, что в нефтяной отрасли ситуация с неопределенностью количественных оценок запасов и ресурсов нефти адекватно описывается с помощью математического аппарата теории нечетких множеств.

Результаты исследования, приведенные в статье [6], также подтверждают, что рациональным для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения в условиях среднего уровня неопределенности является применение методов нечеткого моделирования, позволяющих включить в анализ как количественные, так и качественные переменные, а следовательно, дающих наиболее точные результаты оценки эффективности для инвестора. Большой научный вклад в оценку инвестиционных проектов с помощью теории нечетких множеств вносит А. О. Недосекин [7].

Нечеткое моделирование является одним из методов интеллектуального управления и, в частности, основывается на экспертных оценках. Авторами предлагается разработка экспертной системы, использующей методы нечеткого моделирования. Эта экспертная система должна стать современным инструментом геолого-экономической оценки, позволяющим обосновывать принятие решение об инвестициях в разработку нефтяных месторождений.

«Экспертная система – система, имитирующая образ действия высококвалифицированных специалистов-экспертов в конкретных предметных областях» [8]. Экспертные системы – это программные комплексы, предназначенные для отображения и использования данных и знаний для решения задач в различных сферах человеческой деятельности. Экспертной является система, которая располагает экспертными правилами, рассуждает путем оперирования символами, владеет фундаментальными принципами из предметной области [9]. Она может воспринимать описание задачи в произвольных терминах и преобразовывать его во внутреннее представление, пригодное для обработки с использованием экспертных правил.

Предметом теории экспертных систем являются методы создания человеко-машинных систем, способных решать узкоспециальные задачи. Для этого экспертные системы должны включать общедоступные данные и индивидуальные знания. Общедоступные данные – факты, определения и теории, статистические данные, изложенные в учебниках и справочниках. Индивидуальные знания – интуиция, а также уникальные навыки и познания экспертов, которые, как правило, в значительной степени состоят из эмпирических правил и позволяют экспертам эффективно принимать решения в условиях неопределенности и неполноты общедоступных данных. Одной из важнейших задач при построении экспертных систем является выявление и воспроизведение таких знаний.

Существует несколько причин, по которым в области экспертных систем особую роль приобретают индивидуальные знания [9]. Во-первых, для большинства трудных проблем нет четких алгоритмических решений, поскольку задачи возникают в условиях, не поддающихся точному и строгому описанию. Примером такой задачи можно привести задачу по оценке ресурсов и запасов нефти, так как, во-первых, существуют различные методики оценки ресурсов и запасов, а во-вторых, каждая залежь имеет индивидуальное строение. Вторая причина, по которой важны индивидуальные знания, заключается в том, что квалифицированные эксперты достигают исключительно высоких результатов именно благодаря своим уникальным познаниям. Если экспертные системы смогли бы аккумулировать и применять

эти знания, то они также смогли бы достигать высокого уровня работы. Третья причина повышенного внимания к индивидуальным знаниям связана с признанием их ценности. Знания – дефицитный ресурс. Извлечение знаний у экспертов и придание им формы, позволяющей использовать их вычислительным машинам, может существенно удешевить воспроизводство и применение знаний.

Итак, высокое качество работы эксперта главным образом определяется его индивидуальными знаниями, являющимися основным фактором при решении сложных задач определенной предметной области. Построение экспертных систем обоснованно для решения задач в отраслях, где при неопределенности и неполноте исходных данных, а также ограниченности доступа к информации важнейшую роль играют высококвалифицированные эксперты. Примером таких отраслей могут служить отрасли нефтегазового комплекса.

Основная задача разрабатываемой экспертной системы: по исходным общедоступным данным о нефтяном месторождении и необходимым индивидуальным знаниям, полученным от экспертов, сделать предварительную оценку экономической и геологической эффективности освоения месторождения. В ходе разработки и эксплуатации месторождения решать вопрос о целесообразности дальнейшего освоения.

Результаты исследования, изложенные в статье [6], показали, что для принятия решения о разработке нефтяного месторождения целесообразно построить и проанализировать функцию принадлежности чистого дисконтированного дохода. Таким образом, одной из основных частных целей предлагаемой экспертной системы будет построение функции принадлежности чистого дисконтированного дохода. Функция принадлежности – это функция, областью определения которой является носитель (универсальное множество, которое включает все результаты наблюдений), а областью значений – единичный интервал $[0,1]$ (см.: работу [7]). «Для определения функций принадлежности разработаны различные экспертные методы. В ряде случаев используют типовые формы функций принадлежности, тогда методом экспертных оценок определяется тип функций принадлежности и их параметры» [8].

Создание экспертной системы для оценки эффективности освоения нефтяного месторождения невозможно без привлечения следующих специалистов.

Эксперты – экономисты, геологи, специалисты по геолого-экономической оценке освоения нефтяных месторождений. Высококвалифицированные специалисты, которые передают системе свои уникальные знания, необходимые для оценки эффективности освоения конкретного месторождения.

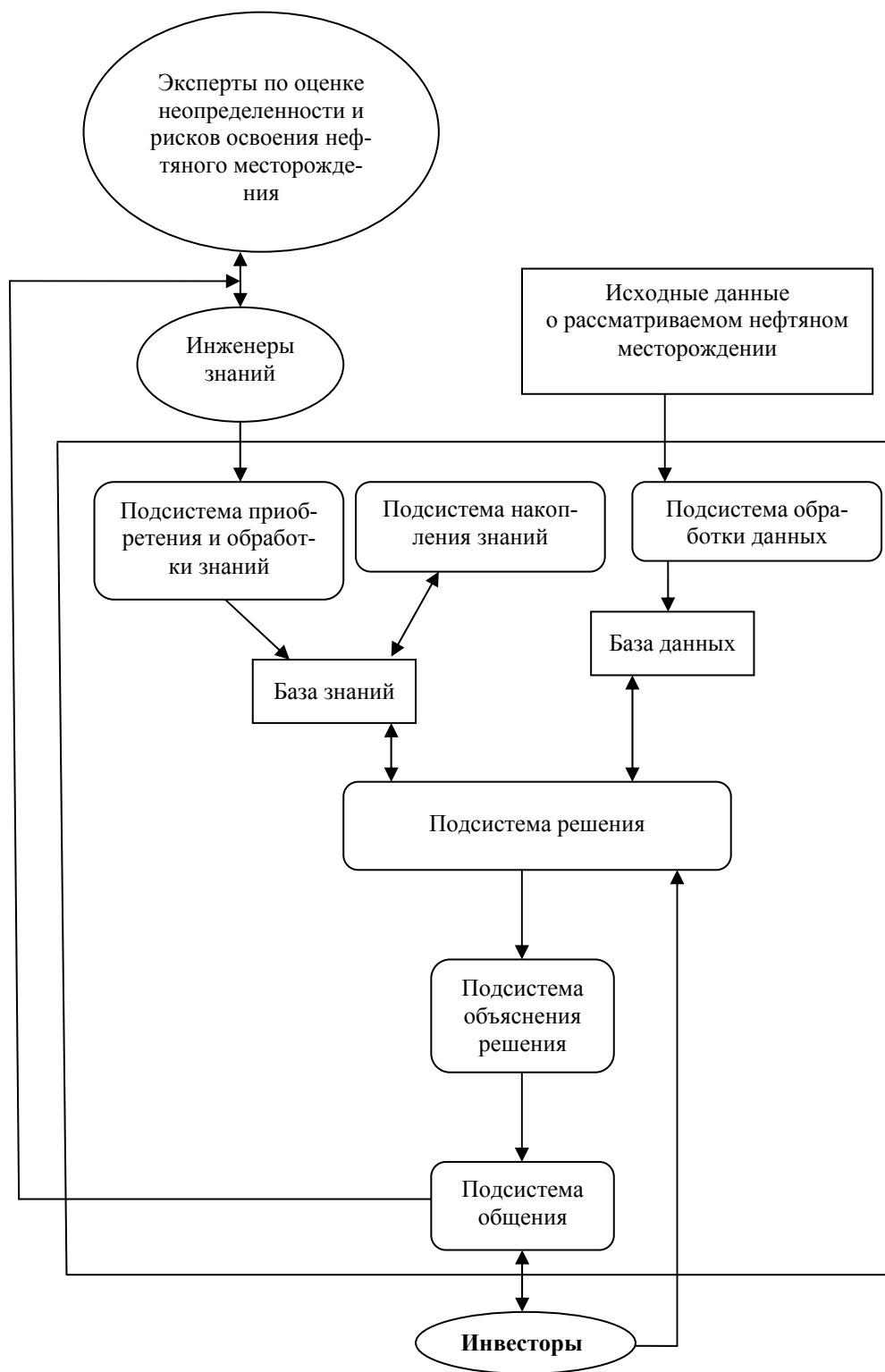
Эксперты экономисты должны будут дать количественную и качественную оценку не только внешних показателей (цена нефти, курс валюты, размер процентной ставки, инфляция), но и внутренних издержек, сопутствующих нефтедобыче: стоимость геологоразведочных работ, капиталовложения в строительство и оборудование, затраты на транспортировку и т. д.

Эксперты геологи должны дать количественную и качественную оценку таких показателей, как: запасы и ресурсы нефти, параметры программы геологоразведочных работ (объем сейсморазведочных работ, объем поисково-разведочного бурения и т. д.), геологические параметры (число скважин, коэффициент подтверждаемости запасов, коэффициент успешности бурения и т. д.), технологические показатели (коэффициент извлечения нефти, ожидаемый начальный дебит скважин и т. д.).

Специалисты по геолого-экономической оценке должны выбрать оптимальную схему и методы оценки эффективности освоения месторождения на основе поступившей от экспертов геологов и экспертов экономистов информации.

Инженеры знаний действуют в качестве посредника между экспертами и экспертной системой, знакомы с принципами построения экспертной системы, владеют специальными языками описания знаний. Одной из важнейших задач инженеров знаний является преобразование значений рисков, которые могут быть оценены экспертами только качественно (см. таблицу), в количественные оценки, например, в треугольные числа [10], на основе методов теории нечетких множеств.

Программисты разрабатывают инструментальные средства, необходимые для функционирования экспертной системы.



Структурная схема экспертной системы

Конечными пользователями экспертной системы являются *инвесторы*, которым необходимо получить результаты геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяного месторождения для принятия решения о целесообразности инвестирования. Основными элементами экспертной системы являются: базы знаний и данных, а также подсистемы,

обеспечивающие функционирование экспертной системы. Исходные данные – данные о рассматриваемом месторождении, а также геологические (характеристики ресурсов, запасов и т. д.) и экономические показатели (курсы валют, цены реализации нефти, ставки налогообложения и т. д.) (см. рисунок).

Подсистема обработки данных преобразует исходные данные в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения. Подсистема приобретения и обработки знаний преобразует знания экспертов в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения. Подсистема накопления знаний призвана дополнить знания эксперта путем формирования эмпирических зависимостей из имеющихся неполных (или даже противоречивых) исходных данных, интерполяции и экстраполяции этих данных, вывода новых фактов и правил в процессе обучения и взаимодействия со средой [11]. База знаний является хранилищем индивидуальных знаний экспертов, база данных – хранилищем общедоступных данных.

Подсистема решения – основной элемент разрабатываемой экспертной системы. В нее предлагается включить эффективные алгоритмы геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяного месторождения и, в частности, алгоритмы построения на основе нечеткого моделирования. Оценка эффективности реализации инвестиционного проекта с помощью аппарата теории нечетких множеств лишена недостатков традиционных методов оценки. Предполагается, что все возможные сценарии развития событий, отражающиеся во входных данных рассматриваемого инвестиционного проекта, используемых для расчета целевого показателя, учтены в соответствующих нечетких оценках, а веса вхождения сценариев в полную группу характеризуются функцией принадлежности. Суть заключается в том, что задаются нечеткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, попадание в которые характеризуется некоторой степенью неопределенности. В итоге посредством операций над интервалами получается нечеткий интервал значения целевого показателя. Использование метода нечетких множеств позволяет включить в анализ не только количественные, но и качественные переменные, оперировать неопределенными и нечеткими входными данными [6].

Подсистема объяснения решения отвечает на вопрос, почему инвестор должен принять рекомендуемое системой решение, объясняет, как было получено решение.

Подсистема общения – интеллектуальный интерфейс, который предоставляет инженеру по знаниям инструменты для опроса эксперта, компоновки, редактирования и испытаний базы знаний, а инвестору – возможность доступа в простой и наглядной форме к работе экспертной системы, базе знаний и базе данных.

В статье [6] представлена оценка эффективности реализации инвестиционного проекта в нефтедобыче с помощью аппарата теории нечетких множеств. Были заданы нечеткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, получен нечеткий интервал значения целевого показателя: чистого дисконтированного дохода. Построена функция принадлежности чистого дисконтированного дохода, на анализе которой с учетом выбранного критерия эффективности обосновывалось принятие решения о целесообразности инвестирования в разработку рассматриваемого месторождения.

Недостатком описанной выше процедуры оценки эффективности является трудоемкость и неуниверсальность, а также высокая зависимость от специалистов, проводящих процедуру оценки. Для оценки другого инвестиционного проекта необходимо повторное привлечение специалистов и проведение всех аналогичных расчетов. Построение экспертной системы должно стать удобным решением для устранения данных недостатков. Привлечение большого количества экспертов позволит расширить круг решаемых задач, а также ускорить процесс принятия решений.

Среди преимуществ экспертной системы перед специалистом-экспертом можно выделить следующие.

- Эффективность. Применение экспертных систем увеличивает производительность и позволяет уменьшить затраты персонала.
- Широта. Объединение знаний многих экспертов и возможность хранения больших объемов информации даст возможность экспертным системам решать широкий круг вопросов.
- Устойчивость. Ничто не влияет на качество работы системы, в то время как компетенция человека-эксперта может со временем снижаться. Экспертные системы устойчивы

к «помехам» и влиянию внешних факторов, не связанных с решением задачи, но которые могут повлиять на действия эксперта.

- Воспроизводимость. Успешно функционирующую экспертную систему можно растапливать и использовать неограниченное число раз.
- Легкость и быстрота передачи информации. Если процесс передачи информации между экспертами может занимать долгое время, то внутри экспертной системы информация передается быстро и в полном объеме.
- Стоимость. Денежные средства необходимо одновременно затратить на разработку и создание экспертной системы, в то время как за привлечение высококвалифицированного специалиста-эксперта нужно платить каждый раз.

Вместе с тем необходимо отметить тот факт, что функционирование экспертной системы невозможно без человека-эксперта. Таким образом, проблему оценки эффективности освоения нефтяных месторождений целесообразно решать с помощью привлечения высококвалифицированных экспертов и построения экспертной системы.

Список литературы

1. Крюков В. А., Силкин В. Ю., Шмат В. В. Испытание Восточной Сибирью // Эксперт Сибирь. 2012. № 34 (342). URL: <http://expert.ru/siberia/2012/34/ispytanie-vostochnoj-sibiryu/>
2. Кондратьев В. В., Лоренц В. Я. Даешь инжиниринг! М.: Эксмо, 2005. 174 с.
3. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело, 2002. 888 с.
4. Садов С. Л., Тарбаев Б. И. Оценка экономической эффективности ресурсов углеводородов на ранних стадиях разведки // Изв. Иркут. гос. экон. академии. 2009. № 4. С. 54–59.
5. Герт А. А., Немова О. Г., Антонов В. А., Кузьмина К. Н. Программный комплекс «Стратегия» для оценки эффективности инвестиций в ГРП // Нефть. Газ. Новации. 2010. № 3. С. 6–10.
6. Мкртчян Г. М., Морозов В. П., Скопина Л. В., Шубников Н. Е. Развитие доходных методов оценки эффективности разработки лицензионных участков с учетом неопределенности и рисков // Наука и образование. 2012. № 3. С. 101–105.
7. Недосекин А. О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах. М.: Аудит и финансовый анализ, 2003. 184 с.
8. Васильев В. И., Ильясов Б. Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: Учеб. пособие. М.: Радиотехника, 2009. 392 с.
9. Построение экспертных систем: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената. М.: Мир, 1987. 441 с.
10. Ампилов Ю. П., Герт А. А. Экономическая геология. М.: ГеоИнформМарк, 2006. 400 с.
11. Усков А. А., Круглов В. В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. 177 с.

Материал поступил в редколлегию 18.11.2013

L. V. Skopina, N. E. Shubnikov

*Novosibirsk State University
2 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

l.v.skopina@gmail.com; nikita.shubnikov@gmail.com

METHODICAL APPROACH TO THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS IN OIL PRODUCTION IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND RISKS

Development of oilfield is a long term capital-intensive investment project, which is characterized by incomplete and inaccurate information about conditions of its realization. Efficiency evaluation of license area development is impossible without accounting uncertainty associated with oil

production. The article analyzes the current state of the Russian oil industry, highlights the main risks affecting the activities of oil companies. Classification of risks in the qualitative and quantitative characteristics is suggested. Methods of economic efficiency evaluation of investments in oil field development in new production regions are considered, the expediency of the fuzzy set theory application is shown. The task of expert systems building for efficiency evaluation of oil field development in terms of uncertainty in risks by investor is actualized. Scheme of an expert system for efficiency evaluation of oil field development using elements of theory of fuzzy sets is proposed.

Keywords: uncertainty and risks of oil production, economic efficiency of the investment project, fuzzy modeling, expert system.

References

1. Kryukov V. A., Silkin V. Yu., Shmat V. V. Ispytanie Vostochnoj Sibir'yu. *Ekspert Sibir'* [Expert Siberia], 2012, no 34 (342). URL: <http://expert.ru/siberia/2012/34/ispytanie-vostochnoj-sibiryu/> (In Russ.)
2. Kondrat'ev V. V., Lorents V. Ya. *Daesh' inzhiniring!* [Give Engineering!]. Moscow, Eksmo Publ., 2005, 174 p. (In Russ.)
3. Vilenskii P. L., Livshits V. N., Smoliak S. A. *Otsenka effektivnosti investitsionnykh projektov: teoriia i praktika* [Evaluating the Effectiveness of Investment Projects: Theory and Practice]. Moscow, Delo Publ., 2002, 888 p. (In Russ.)
4. Sadov C. L., Tarbaev B. I. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti resursov uglevodorodov na rannikh stadiyakh razvedki [Economic Evaluation of Hydrocarbon Resources in the Early Stages of Exploration]. *Izvestiia Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [Proceedings of the Irkutsk State Economic Academy], 2009, no 4, p. 54–59. (In Russ.)
5. Gert A. A., Nemova O. G., Antonov V. A., Kuz'mina K. N. Programmnyj kompleks «Strategiya» dlya otsenki effektivnosti investitsij v GRR [The Software Package «Strategy» to Assess the Effectiveness of Investments in Exploration]. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Innovation], 2010, no 3, p. 6–10 (In Russ.)
6. Mkrtchian G. M., Morozov V. P., Skopina L. V., Shubnikov N. E. Razvitie dokhodnykh metodov otsenki effektivnosti razrabotki litsenzionnykh uchastkov s uchetom neopredelennosti i riskov [Development of Profitable Methods of License Area Development Assessing Taking into Account Uncertainties and Risks]. *Nauka i obrazovanie* [Science and Education], 2012, no. 3, p. 101–105 (In Russ.)
7. Nedosekin A. O. *Finansovyi menedzhment na nechetkikh mnozhestvakh* [Fuzzy Financial Management]. Moscow, Audit i finansovyi analiz Publ., 2003. 184 p.
8. Vasil'ev V. I., Il'iasov B. G. *Intellektual'nye sistemy upravleniia. Teoriia i praktika: uchebnoe posobie* [Intelligent Control Systems. Theory and Practice: A Textbook]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2009, 392 p.
9. Hayes-Roth F., Waterman D. A., Lenat D. B. Building Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company, 1983. (Russ. ed.: Pod red. F. Kheiesa-Rota, D. Uotermana, D. Lenata. Postroenie ekspertnykh system. Moscow, Mir Publ., 1987, 441 p.)
10. Ampilov Yu. P., Gert A. A. *Ekonomicheskaya geologiya* [Economic Geology]. Moscow, GeoInformMark Publ., 2006, 400 p.
11. Uskov A. A., Kruglov V. V. *Intellektual'nye sistemy upravleniia na osnove metodov nechetkoi logiki* [Intelligent Control Systems Based on Fuzzy Logic Methods]. Smolensk, Smolenskaia gorodskaya tipografiya Publ., 2003, 177 p.