

Нефть. Газ. НОВАЦИИ

научно-технический журнал

ISSN 2077-5423

№8/2016

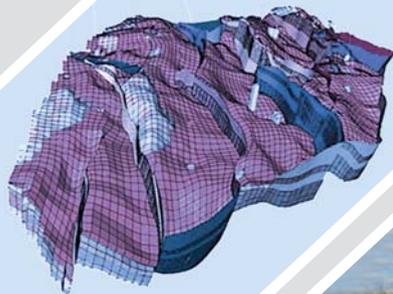
16+

ITPS

IT Professional Solutions

ГЛАВНАЯ ТЕМА НОМЕРА

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕЙ



ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ:

Интегрированные операции –
основа повышения эффективности
нефтегазодобычи

стр. 6

УДК 553.98:004:552.578.2

Интегрированные информационные технологии для экономической оценки нефтегазовых месторождений



Ю.Г. Богаткина, к.т.н.
ubgt@mail.ru



Н.А. Еремин, д.т.н., проф.
ermn@mail.ru

/РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
ИПНГ РАН, г. Москва/

В последнее время большое внимание уделяется задачам создания компьютерных автоматизированных систем, ориентированных на обработку больших объемов экспертной информации в области технико-экономической оценки месторождений нефти и газа.

С прикладной точки зрения оценка экономической эффективности нефтегазового инвестиционного проекта предполагает построение определенной экономико-математической модели расчета и анализа критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом.

Сложность экономико-математического моделирования в проектах разработки месторождений заключается в начальном сборе информации и постоянном ее обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели. В этой связи целью исследований является вопрос создания и применения интегрированных информационных технологий в области экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов.

Ключевые слова: экономическая система, нефтегазовый инвестиционный проект, интеллектуальная система в недропользовании.

В современных экономических условиях все большую значимость приобретает применение эффективных методов аналитических исследований в области инвестиционной деятельности нефтегазодобывающих предприятий. Главными принципами нефтегазового инвестиционного проектирования, сложившимися в мировой практике, являются экономико-математическое моделирование и прогнозирование потоков продукции и денежных средств с учетом ценовой и налоговой политики государства в нефтегазовой сфере, финансо-

вого состояния предприятия, а также оценка основных экономических показателей по проекту.

С прикладной точки зрения оценка экономической эффективности нефтегазового инвестиционного проекта предполагает построение определенной экономико-математической модели расчета и анализа критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом [10, 16, 17, 19, 22, 27, 28].

Методы построения и применения математических моделей

по экономической оценке вариантов разработки месторождений являются самостоятельным научно-практическим направлением, охватывающим широкий спектр вопросов – от подготовки данных до анализа и интерпретации результатов в области нефтегазовой разработки, экономики и прикладной информатики.

Созданная в ИПНГ РАН «Методика комплексной экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений» послужила основой для теоретических и прикладных исследований в области применения математического моделирования и современных интегрированных технологий для экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов [1-4].

Необходимо отметить, что сложность экономико-математического моделирования в проектах разработки месторождений заключается в начальном сборе информации и постоянном ее обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели. Структура экономических вычислений является иерархической и может меняться в зависимости от степени изученности и разведанности месторождений, а также от возможного изменения объемов и содержания исходной геолого-технологической и экономической информации.

До недавнего времени решение вычислительных задач по оценке нефтегазовых инвестиционных проектов сводилось к процессу создания прикладных расчетных программ на основе подходов, требующих применения определенного языка программирования и наличия высококвалифицированных программистов. Прямой пользователь не имел средств для самостоятельной раз-

работки программ на основе его собственных знаний. В связи с этим рассмотрим интегрированные информационные технологии, которые предполагают выделение из экспертной информации важнейших компонент в виде взаимосвязанных баз знаний (БЗ) и представление их в виде, обеспечивающем в автоматизированном режиме готовность к оперативному использованию экспертами, не знающими программирования.

Интересным является вопрос применения созданной в ИПНГ РАН интеллектуально-логической системы «Граф» (ИЛС), ориентированной на научный потенциал специалистов как в прикладной проблемной области, так и в области инженерии знаний. На практике система может быть применена в экономической сфере с целью проведения инвестиционного проектирования на основании вышеуказанной экономической методики и налоговых моделей нефтегазодобывающих стран, что в период реформирования нефтегазодобывающего сектора России является крайне важным.

Инструментарий интеллектуальной системы «Граф» обеспечивает пользователя интерактивными возможностями ведения диалога, которые устраняют недостатки процедурного программирования, заменяя последнее программированием интеллектуальным. В результате упрощается, ускоряется и существенно удешевляется сам процесс создания программ, причем использование опыта прикладной области при интеллектуальном программировании зависит только от наличия соответствующей базы знаний (БЗ). Совокупность рассматриваемых выше свойств определяют особенности прикладной ИЛС, а решаемые ею задачи можно характеризовать следующими аспектами: числом и сложностью прикладных алгоритмов (правил), их связностью, простотой поиска и количеством активных пользователей, фор-

мирующих предметную область. Большой интерес для данной работы представляют функциональные семантические сети [5-7], а также принципы их применения в ряде интеллектуальных систем. С их помощью представляется возможным моделировать расчетные алгоритмы в виде двудольных графов, содержащих функциональные зависимости между параметрами расчетных моделей.

Синтез семантических моделей представления знаний позволил разработать проблемно-ориентированную БЗ, являющуюся полем возможных решений при выборе алгоритмов расчета основных ТЭП МНГ в интеллектуально-логической системе «Граф».

Основными характеристиками применяемых в системе «Граф» интегрированных информационных технологий являются:

- возможность создания прототипа предполагаемой системы для предварительной оценки ожидаемого результата;
- ускорение процесса проектирования и разработки проблемно-ориентированной системы в целом;
- освобождение разработчиков экономических приложений от рутинной работы программирования;
- поддержание технологии многократного применения объектно-ориентированных компонентов программной разработки.

Функциональные семантические сети в составе системы являются формой представления экспертных знаний для проведения и оценки нефтегазовых инвестиционных проектов. Их можно представить в виде взаимосвязанных семантических графов (подсетей), которые обладают большой выразительностью, и кроме того, с их помощью можно сформировать некоторую исходную базу для дальнейшего накопления знаний эксперта о решаемой задаче.

На рис. 1 показан укрупненный вид функциональной семантиче-

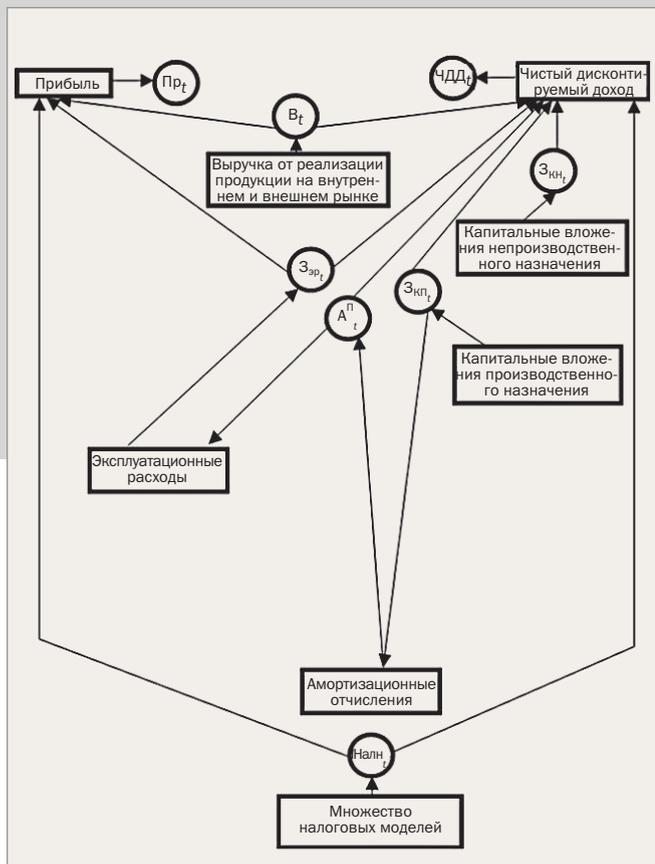


Рис. 1. Укрупненный вид семантической базы знаний

Типы структурных связей

Тип перехода	Графическое представление	Условное обозначение
Простое копирование информации		$T(X, Y)$
Объединение с использованием формулы		$J(X_1, X_2, \dots, X_n, Y)$
Объединение с использованием процедуры		$Y(X_1, X_2, \dots, X_n, Y')$

ской сети. Структура сети состоит из множества взаимосвязанных компонентов, укрупненно показанных на рисунке в виде отдельных блоков. Каждый блок соответствует определенному классу, включающему множества семантических подсетей. При этом подсети содержат возможные варианты расчета экономического показателя, указанного в блоке.

Типы элементарных ориентированных связей, применяемых при моделировании функциональной семантической сети, показаны в табл. 1.

Дадим схематичный вид диалогового интерфейса ИЛС «Граф» (рис. 2).

Диалоговый интерфейс позволяет собирать, обрабатывать, хранить, анализировать и интерпретировать информацию об инвестиционном проекте с целью его экономической оценки. Через интерфейс осуществляется доступ к входной (рис. 3, 4) и выходной ин-

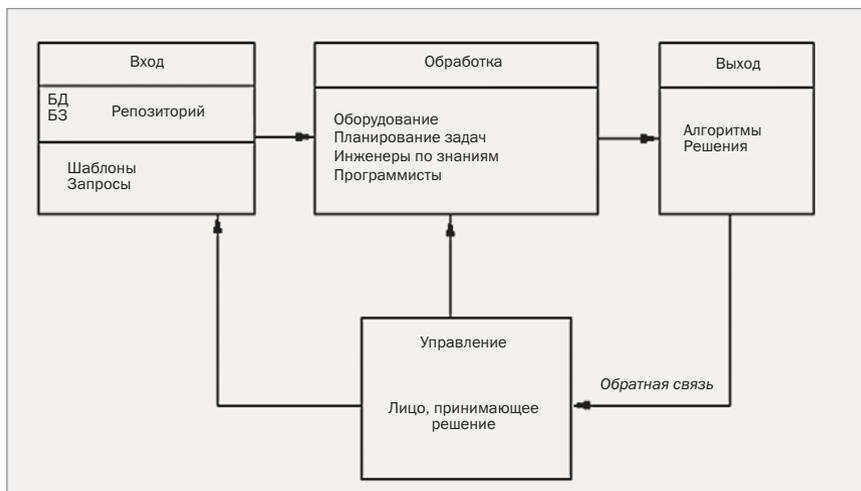


Рис. 2. Диалоговый интерфейс ИЛС «Граф»

формации (рис. 5) в виде отчетных форм и графических зависимостей. Обработанная ИЛС информация в наглядной форме посылается пользователю-эксперту (лицу или лицам, принимающим решения) через посредничество инженера по знаниям. В системе существует механизм обратной связи, ко-

торый контролируется экспертом, инженером по знаниям и программистом. Итерационный процесс принятия решений по инвестиционному проекту приводит пользователей системы к оптимальным и согласованным решениям на основании заложенных в систему экономических моделей.

По способу формирования решения ИЛС относится к классу аналитических систем, предполагающих выбор решений из множества известных альтернатив. При этом задается, что в процессе поиска решения последовательность формируемых ситуаций (алгоритмов) не оборвется до получения решения. По способу учета временного признака система решает задачи при изменяемых в процессе решения данных и знаниях с целью пересмотра полученных ранее результатов.

Структура рабочих БД включает технологическую информацию по следующим показателям (см рис. 3):

- ввод скважин из бурения по годам – добывающих (вертикальных, наклонно направленных, горизонтальных), нагнетательных, разведочных, резервных, газо-нагнетательных;

- годовой фонд скважин – добывающих, нагнетательных;

- годовые показатели закачки рабочего агента (воды, газа, водогазовых смесей, полимера и др.);

- годовая добыча углеводородного сырья – нефти, попутного и природного газа, жидкости, газоконденсата.

Экономические удельные нормы затрат формируются по основным направлениям (см. рис. 4):

- Удельные нормативы капитальных затрат на геологоразведку, бурение скважин, обустройство; оборудование, не входящие в сметы строок для буровых организаций, предприятий нефтедобычи и прочих организаций; капитальные вложения непроизводственного назначения в охрану окружающей среды.

- Удельные нормативы эксплуатационных расходов условно-постоянных и условно-переменных и нормы амортизационных отчислений на реновацию.

- Нормы налоговых платежей в составе эксплуатационных расходов и цены.

Table 1: Исходные технологические показатели

Годы и периоды	ввод скважин из бурения								добывающих скважин			нагнетательных скважин			Газовая добыча			Нефтяная добыча			
	добыча	газ	макс	гориз	нагнет	газ	гориз	газонаг	фонд	макс	газонаг	фонд	макс	газ	газ	газ	газ	нефть	макс	газ	
15 2005	3	3															13 2000	11 2000	0 4000		
16 2006	3	3															48 7000	45 7000	1 2000		
17 2007	4	4															87 8000	84 8000	3 2000		
18 2008	4	4															107 8000	103 8000	4 2000		
19 2009																	116 7000	108 8000	4 6000		
20 2010																	126 6000	118 7000	4 3000		
21 2011																	96 9000	108 8000	3 8000		
22 2012																	89 2000	105 8000	3 4000		
23 2013																	86 6000	104 8000	3 3000		
24 2014																	70 4000	101 8000	2 8000		
25 2015																	67 7000	108 8000	2 8000		
26 2016																	82 4000	128 7000	2 4000		
27 2017																	85 6000	129 8000	2 8000		
28 2018																	82 8000	130 7000	2 7000		
29 2019																	44 2000	132 8000	1 7000		
30 2020																	28 2000	133 8000	1 5000		
31 2021																	11 7000	134 8000	8 8000		
32 2022																					
33 2023																					
34 2024																					
35 2025																					
36 2026																					
37 2027																					
38 2028																					
39 2029																					
40 2030																					
41 2031																					
42 2032																					
43 2033																					
44 2034																					

Рис. 3. Шаблон с исходной технологической информацией

Table 2: Исходные показатели для экономических расчетов

Исходные показатели для экономических расчетов		
Название месторождения		
Название показателя		
1	2	3
Для расчета капитальных вложений		
1. Стоимость бурения вертикальной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HB1	70217,00
2. Стоимость бурения наклонной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HB2	0,00
3. Стоимость бурения горизонтальной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HB3	
4. Стоимость бурения нагнетательной скв., тыс. руб/скв.	HB	44360,00
5. Стоимость бурения разведочной (резервной) скв., тыс. руб/скв.	HBR	70217,00
6. Стоимость бурения газонагнетательной скв., тыс. руб/скв.	HBRG	0,00
7. Расходы на сейсмозаземку, тыс. руб.	HSS	0,00
9. Норматив затрат на оборудование фонтанных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HFS	2110,04
10. Норматив затрат на оборудование насосных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HNS	
11. Норматив затрат на оборудование газлифтных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HGS	
12. Норматив затрат в компл сбора и трансп. нефти и газа, тыс. руб/скв.	HST	10872,52
13. Норматив затрат на подготовку нефти, тыс. руб/т.	HP	4725,11
14. Норматив затрат на очистку сточных вод, руб/т	HSV	
15. Норматив затрат на закачку воды, тыс. руб/скв.	HZ	4005,62
16. Норматив затрат на закачку воды и газа в пласт, руб/м3	HZG	0,00
17. Норматив затрат на закачку горячей воды, руб/т	HZV	0,00
18. Норматив затрат на закачку пара, руб/м3	HZP	0,00
19. Норматив затрат на закачку щелочи, руб/т	HZS	0,00
20. Норматив затрат на закачку полимера или ПАВ, тыс. руб/скв. наг.	HZPL	0,00
21. Норматив затрат на закачку CO2, руб/м3	HZDR	0,00

Рис. 4. Шаблон с исходной экономической информацией

Рис. 5. Шаблон с расчетной выходной информацией

Процедуры на языке BASIC, входящие в состав Базы Знаний

```

Sub proc1(NIM,Hnim,zk)
S=0
For i=1 to 100
S=S+zk(i)
NIM(i)=(S/i)*Hnim
Next
End Sub
    
```

Рис. 6. Пример процедуры, входящей в состав БЗ

ИЛС «Граф» работает в двух режимах: приобретение знаний и решение расчетных задач. В режиме приобретения знаний общение с ИЛС осуществляют эксперт-экономист и эксперт-технолог через посредничество инженера по знаниям. Эксперты описывают проблемную область, под которой понимается методика расчета основных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений [1].

Эксперт-прикладник предоставляет необходимую информацию в виде совокупности данных (анкет-шаблонов) и аналитических формул. Отметим, что если требуется подключить вершину-отношение, включающую математическую функцию или нелинейный алгоритм, то ИЛС «Граф» обращается к специализированной библиотеке математических модулей.

Наличие исходных данных переводит семантическую сеть из состояния экстенционала в состояние интенционала, то есть происходит заполнение терминальных вершин данными из БД с их характеристикой (скаляр, вектор) и значениями. Планировщик вычислений (кроссовер) определяет механизмы управления данными и знаниями, характерными для рассматриваемой предметной области. Эксперт, используя подсистему приобретения знаний, в виде интеллектуального интерфейса наполняет систему знаниями, которые позволяют ИЛС «Граф» в режиме интерпретации сети самостоятельно (без эксперта) решать задачи синтеза расчетного экономического алгоритма предметной области (рис. 6).

С помощью интерактивного интерфейса осуществляется обращение к подсистемам ИЛС «Граф». При этом подается команда (запрос) на построение расчетного алгоритма. Эта информация принимается планировщиком вычислений и анализируется. Далее формируется фрейм-задание,

которое включает искомые технологические и экономические показатели, указанные в запросе, и набор имен исходных переменных. На следующем шаге планировщик обращается к БЗ, в которой хранятся модели вычислений технико-экономических показателей, и выбирает те из них, которые необходимы для решения задачи. При этом автоматически формируется алгоритм,

который содержит имена исходных переменных и расчетный модуль. Алгоритм сохраняется в библиотеке расчетных модулей. На следующем шаге планировщик вычислений передает управление подсистеме проведения расчетов, которая на основе OLE-технологии (Object Link Engine) загружает из библиотеки расчетных модулей сгенерированную планировщиком вычислений программу в си-

стему электронных таблиц Excel и производит расчет.

В заключение отметим, что система применялась для проведения технико-экономической оценки нефтяных месторождений Сирии, Ирака, Алжира, месторождений Тимано-Печорского округа, Ханты-Мансийского автономного округа, Ненецкого автономного округа, Азова, Оренбурга и Нижневартовска [6-9, 11-15, 18, 20,21, 23-26].

Литература

1. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Комплексная экономическая оценка месторождений углеводородного сырья в инвестиционных проектах. – М.: Наука, 2006. – 134 с.
2. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А. Инженерия знаний в логической системе «ГРАФ» // ВНИИОЭНГ. Журнал «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности». – 2010. – № 2. – С. 30-33.
3. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А. Применение теории искусственного интеллекта для оценки нефтегазовых инвестиционных проектов // ВНИИОЭНГ. Журнал «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности». – 2010. – № 7. – С. 2-6.
4. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Еремин Н.А. Применение информационных технологий для экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов. – М.: Макс-Пресс, 2016. – 148 с.
5. Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект. – М.: МВЦ АН СССР, 1980. – 200 с.
6. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
7. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учеб. пособие / Под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: Экзамен, 2003. – 496 с.
8. Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Сравнение моделей налогообложения Казахстана и России на примере экономической оценки Мусюршорского месторождения // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. – 2016. – Вып. 1(13) http://oilgasjournal.ru/vol_13/bogatkina.pdf
9. Сарданашвили О.Н., Богаткина Ю.Г., Терещенко П.Г., Еремин Н.А. Обоснование новых технологий освоения месторождений на акваториях Азовского моря // Тр. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – № 2/283. – С. 48-58.
10. Богаткина Ю.Г., Бочкарева Т.Ю., Панарин А.Т., Еремин Н.А. Об одном способе оценки эффективности разработки крупных нефтяных месторождений // Проблемы комплексного освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и природных битумов (добыча и переработка): Тр. междунар. конф. – Казань, 4-8 окт. 1994.
11. Богаткина Ю.Г., Бочкарева Т.Ю., Панарин А.Т., Еремин Н.А. О методе системной оценки эффективности разработки крупных нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1995. – № 1-2. – С. 52-55.
12. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Овчаров Л.А., Еремин Н.А. Интеллектуальный графический интерфейс для моделирования вычислений технико-экономических показателей вариантов разработки нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1998. – № 4. – С. 60-62.
13. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. Особенности экономической оценки газоконденсатных месторождений Алжира на условиях СРП // Нефть, газ и бизнес. – 2002. – № 5. – С. 23-24.
14. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономическая оценка месторождений Среднего Востока по модели ВУ ВАСК // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 7. – С. 74-75.
15. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономическая оценка остаточных запасов нефти и газа одного из месторождений Сирии // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 14-15.
16. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Геолого-экономическая методология комплексной оценки ресурсов и запасов в инвестиционных проектах // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 8. – С. 22-24.
17. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Влияние отраслевого законодательства на коэффициент нефтеотдачи при освоении месторождений // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2009. – № 11. – С. 8-10.
18. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Поисковый алгоритм в автоматизированной системе технико-экономической оценки месторождений нефти и газа // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 105-108.
19. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Альтернативный подход и экономическая концепция классификации ресурсов и запасов нефти и газа в рыночных условиях (в порядке обсуждения) // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 2-3.
20. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономико-методическое моделирование разработки нефтегазовых месторождений. – М.: Наука, 2010. – 112 с.: ил. ISBN: 978-5-02-036975-7
21. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Совершенствование классификации запасов и ресурсов в условиях международного нефтяного бизнеса // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 60-63.
22. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Применение теории нечетких множеств для оценки риска нефтегазовых инвестиционных проектов на условиях СРП // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 9. – С. 78-80.
23. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономические положения по оценке эффективности нефтегазовых инвестиционных проектов // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России: Сб. тр. X Всеросс. науч.-техн. конф. Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 10-12 февр. 2014.
24. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Применение теории нечетких множеств // Научно-техническая конференция, посвященная 25-летию ИПНГ РАН. – М., 2014.
25. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Многокритериальная оптимизация варианта разработки месторождения в инвестиционном проекте // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 8. – С. 106-109.
26. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. О проблемах налогообложения независимых нефтяных компаний в России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2015. – № 2. – С. 28-31.
27. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономико-математическая оценка нефтегазового месторождения методом реальных опционов с применением факторов риска // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 12-14.
28. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. Проблемы разработки месторождений шельфа и методология их технико-экономической оценки // Нефть, газ и бизнес. – 2015. – № 11. – С. 37-40.