

УДК 622.276:004.896

Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений



Н.А. Еремин

А.Н. Дмитриевский
/Институт проблем нефти и газа РАН/
Л.И. Тихомиров
/Группа компаний ITPS/

Проведен системный анализ основных направлений развития цифровых и интеллектуальных месторождений. Выявлены новые перспективные решения в области геологии, бурения, разработки и эксплуатации интеллектуальных месторождений. Обобщен опыт создания цифровых и интеллектуальных месторождений и скважин в России и за рубежом.

Ключевые слова: научно-техническая революция (НТР), освоение богатств Мирового океана, цифровые и интеллектуальные месторождения в России и за рубежом, режим реального времени, цифровые и интеллектуальные скважины.

Современная научно-техническая революция (НТР) в освоении минерально-сырьевых ресурсов Мирового океана привела к новой парадигме освоения нефтегазовых ресурсов, которая представляет собой новую систему ценностей, моделей постановки проблем и их информационно-коммуникационных и технических решений, направленных на максимизацию отдачи основных средств (капитала) нефтегазовых компаний в режиме реального времени. Характерной чертой современного развития цифровых и интеллектуальных месторождений углеводородов (УВ) является внедрение информационно-коммуникационных технологий по всей цепочке производственного цикла. Принятие решений на иерархических уровнях, от низшего до высшего, базируется на резуль-

татах моделирования конкретных ситуаций или процессов. При этом решение принимается в цифровом и интеллектуальном пространстве. Инженеры имеют возможность связаться с центром управления из любой точки мира и найти наилучший вариант максимизации капиталоотдачи от каждого составного элемента производственной цепочки добычи углеводородов в режиме реального времени.

В ИПНГ РАН была разработана программа «Методические основы прогнозирования и управления интеллектуальным инновационным развитием нефтегазовой отрасли» для центра научно-технологического прогнозирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук» (ЦНТП ИПНГ РАН). Она базируется на ре-



зультатах 20-летней работы ученых 28 академических институтов 6 отделений РАН по направлению «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности».

Работы академических институтов позволили обосновать ресурсно-инновационную стратегию развития экономики РФ. Переход от традиционного экспортно-сырьевого к интеллектуальному ресурсно-инновационному развитию является первым этапом реализации стратегии инновационного развития экономики России. Он предусматривает полное использование отечественного ресурсного и инновационного потенциала за счет формирования длинных технологических цепочек с их насыщением инновационными технологиями, в том числе интеллектуальными. Подготовлены предложения по эффективному и масштабному развитию цифровых и интеллектуальных инновационных технологий поиска, разведки, разработки, транспорта и переработки нефти и газа. Центральное место в реализации стратегии ресурсно-инновационного развития экономики страны отведено драйверу российской экономики – нефтяной и газовой промышленности.

Нефтегазовая отрасль имеет все необходимое для цифровых и интеллектуальных преобразований. Нефтегазовый комплекс РФ – это самый масштабный блок национальной экономики, который обладает крупнейшей в мире минерально-сырьевой базой, развитой инфраструктурой, квалифицированными кадрами, значительным инновационным потенциалом. Реализация цифровых и интеллектуальных нефтегазовых технологий, как показывает мировой опыт, характеризуется масштабным, быстрым и эффективным возвратом вложенных в него финансовых ресурсов. В России есть все необходимые условия для интеллектуального технологического прорыва в нефтегазовой отрасли.

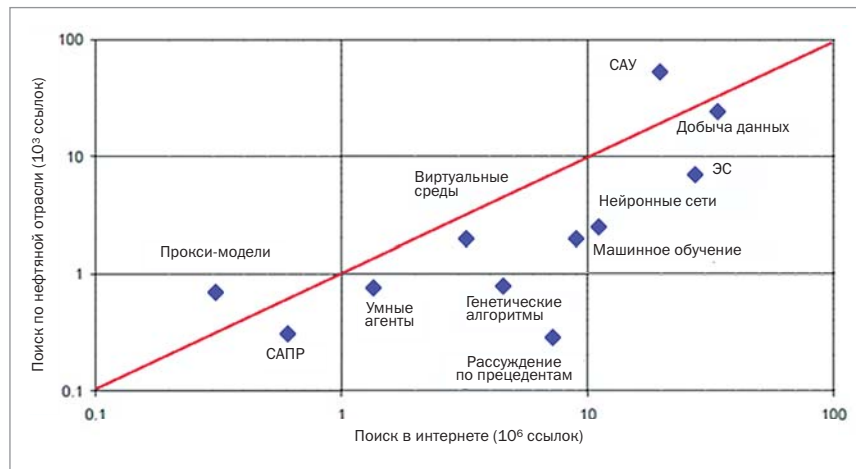


Рис. 1. Результаты исследования применения методов искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли [см. также 8-27] и во всем Интернете

Технологии, в рамках которых осуществляется научно-технологическое прогнозирование цифровизации и интеллектуализации нефтегазовой отрасли в средне- и долгосрочной перспективах:

- интеллектуальные системы поиска, разведки, разработки месторождений, добычи, транспорта и переработки нефти и газа;

- создание инновационных энергосберегающих систем добычи и транспортных систем нефти и газа; использование естественной энергии пластов для преобразования добычных технологий в технологии высоких переделов; ресурсосберегающего и энергоэффективного транспорта и переработки;

- информационные, управляющие, навигационные, морские, подводные, подледные, континентальные и скважинные сенсорные системы мониторинга и управления в режиме реального времени;

- энергоэффективные производства, предусматривающие развитие технологий высоких переделов, реализацию безлюдных нефтегазовых технологий, создание подводных и подледных заводов, скважинных заводов.

Разработка программы интеллектуального инновационного развития нефтегазовой отрасли совместно с нефтяными и газовыми компаниями страны позволит

осуществить высокорентабельное внедрение этих технологий:

- восстановить эффективную добычу легкой маловязкой нефти обводненных месторождений, вступивших в позднюю стадию разработки, в недрах которых еще остается 50-70 % нефти, продлить жизнь крупных и гигантских месторождений и возродить старые регионы нефтегазодобычи;

- активизировать освоение трудноизвлекаемых запасов и нетрадиционных ресурсов нефти и газа и ускорить создание новых центров нефтегазодобычи;

- реализовать технологии высоких переделов уникальных ресурсов газовых месторождений Восточной Сибири, ачимовской свиты Западной Сибири, матричной нефти Оренбургской области, обеспечивающие выход на внутренний и внешний рынки новой высокоценной и остродефицитной нефтегазохимической продукции.

Эффективное и целенаправленное внедрение инновационных технологий институтов РАН уже с первого года даст возможность получить постоянно нарастающий финансовый поток как за счет роста нефтегазодобычи, так и в результате реализации интеллектуальных инновационных технологий высоких переделов. Значительные финансовые ресурсы позволят поддерживать развитие инновационных

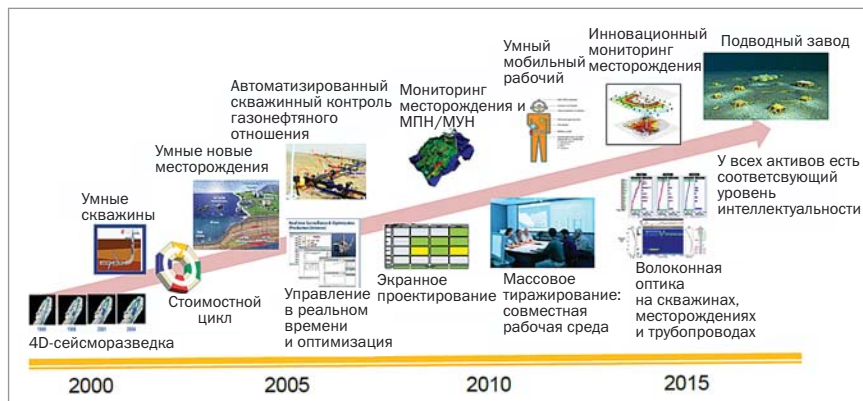


Рис. 2. Динамика внедрения цифровых и интеллектуальных технологий в нефтегазовое производство [29]

процессов в самых различных, в том числе в смежных несырьевых отраслях экономики. Созданные инновационные технологии дадут возможность повысить конкурентоспособность отечественной продукции и обеспечить технологическую независимость нефтегазового комплекса страны.

В целом инновационные процессы будут осуществлять эффективную модернизацию российской нефтегазовой промышленности на новом витке развития, а именно в сферах высоких технологий и интеллектуализации месторождений. Эти процессы должны определять направленность преобразований в каждом нефтегазовом кластере, в смежных отраслях экономики, где модернизация осуществляется прежде всего на тех предприятиях, которые работают на реализацию интеллектуальных и инновационных технологий. Масштабное развитие подобных процессов создаст все необходимые условия для реиндустриализации экономики России. Инновационные и интеллектуальные технологии, модернизация нефтегазовой отрасли в конечном итоге приведут к системным изменениям и положительным преобразованиям в нашей стране.

Базис ресурсно-инновационных технологий позволяет уверенно прогнозировать высокоэффективное развитие нефтегазовой отрасли, а участие академических институтов даст возможность реали-

зовать лучшие наработки в разных научных направлениях НГК РФ.

В основе цифровых и интеллектуальных технологий нефтегазовой отрасли лежит использование методов искусственного интеллекта (рис. 1). Наиболее подробно они описаны в работах [1-4]. Из них в последние годы широкое применение нашли следующие:

- Искусственные нейронные сети (ИНС) /Artificial neural networks, ANN/ – обучаемая система соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров – искусственных нейронов.

- Нечеткая логика /Fuzzy logic/, которая допускает частичную принадлежность множеству.

- Генетические алгоритмы /Genetic algorithms/ – эвристические алгоритмы поиска и оптимизации процессов путем случайного подбора, комбинирования, вариации и скрещивания искоемых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе.

- Машинное обучение /Machine learning/ использует два вида обучения:

- а) индуктивное (Information Extraction) – для выявления закономерностей в эмпирических данных;

- б) дедуктивное (Data Mining) – для формализации знаний экспертов с целью формирования базы знаний.

- Интеллектуальный агент (ИА) /Intelligent Agents/ получает через

систему сенсоров информацию о состоянии управляемых им процессов и осуществляет воздействие на них через систему актуаторов для достижения определенных параметров.

- Роевой интеллект (РИ) /Swarm intelligence/ описывает коллективное поведение децентрализованной самоорганизующейся системы.

- Добыча данных, или интеллектуальный анализ данных /Data mining/ – процесс выявления новых закономерностей в больших наборах данных с привлечением методов статистики и искусственного интеллекта, а также управления базами данных.

- Рассуждения по прецедентам /case-based reasoning, CBR/ – ЭС получения решения путем поиска подобных типовых ситуаций в памяти, хранящей прошлый опыт решения аналогичных задач, и адаптации найденных решений к новым условиям.

- Байесовские сети /Bayesian networks/ – компьютерные модели вероятностных систем для изучения причинно-следственных связей и прогнозирования последствий оперативного вмешательства.

- Экспертные системы /Expert systems/ – комплекс программ, использующих базы знаний, человеческий опыт для решения проблем, где требуется консультация экспертов предметной области.

- Система автоматического управления (САУ) /Automatic process control/ – инженерная дисциплина для поддержания производственного процесса в пределах желаемого диапазона с целью оптимизации работы основных активов.

- Системы автоматизации производственных процессов (САПР) /Workflow automation/ – набор методологий и технологий, которые нацелены на интеграцию данных и приложений в автоматизированные рабочие процессы. Это один из ключевых элементов цифрового нефтяного месторождения и интегрированных производственных операций.



■ Прокси-модели /Proxу models/ – системы, которые используют упрощенные модели физических процессов (пластовые модели, модели скважин, поверхностные модели сбора и подготовки) в конкретных границах времени и ограничений. Суррогатные модели пластов являются прокси-моделями, так как они разрабатываются с использованием технологий машинного обучения. Они также классифицируются как «модели резервуаров на основе искусственного интеллекта».

■ Виртуальные среды /Virtual environments/ – технологии моделирования, вычисления и визуализации для создания частичных или полных виртуальных обстановок реальных нефтегазовых объектов (месторождений, скважин, систем) для анализа производственных задач и визуализации.

На **рис. 2** представлена динамика революционного развития цифрового и интеллектуального нефтегазового производства за последние 15 лет. За эти годы были созданы и внедрены следующие инновационные технологии: 4D-сейсмика; умные скважины; управление операциями в режиме реального времени для снижения капитальных и эксплуатационных расходов; введение в разработку новых морских месторождений с элементами искусственного интеллекта; управление и оптимизация технологических операций в режиме реального времени; автоматизированный скважинный контроль величины газонефтяного фактора; интегрированное (экранное) планирование ГТМ; мониторинг разработки нефтегазовых месторождений и применения МПН/МУН в режиме онлайн; массовое тиражирование эффективных технологий на аналогичных объектах компаний; умный мобильный нефтегазовый рабочий и инженер; распределенная волоконная оптика на скважинах, системах сбора, подготовки и трубопроводного транспорта

нефти и газа; интегрированное моделирование нефтегазового производственного цикла и подводный нефтегазовый завод для подготовки товарной продукции на дне моря. Каждый актив умного месторождения обладает соответствующим уровнем интеллектуальности.

Нефтегазовая отрасль является важнейшей сферой ресурсно-инновационного развития страны, в том числе в связи с переходом к безлюдным и цифровым технологиям добычи трудноизвлекаемых углеводородов на больших глубинах, шельфе морей и Ледовитого океана, из отложений горючих сланцев; эксплуатацией нефтяных и газовых месторождений на поздних стадиях разработки, транспортировкой газа и нефти на большие расстояния по умным трубопроводам, производством сжиженного природного газа (СПГ), синтоплива (синтетического бензина и синтетического дизельного топлива) и биотоплива.

В РФ на 01.01.2015 количество цифровых месторождений достигло 26, что составляет около 12 % от общего их количества в мире: ПАО «Роснефть» – 10; ПАО «Газпром» – 7 (1 морское безлюдное); ОАО «Лукойл» – 4; ОАО «Новатэк» – 2 (1 безлюдное); ПАО «Татнефть» – 1; ОАО «Ритэк» – 1; ОАО «Зарубежнефть» – 1. Количество цифровых скважин в мире на 01.01.2015 превысило 15 000, из них в России – более 2 000. Внесение изменений в налоговую систему по стимулированию перехода нефтегазового комплекса на цифровой формат производства в режиме реального времени обеспечит внедрение цифровых и интеллектуальных технологий повышения коэффициента извлечения нефти с суммарным приростом запасов около 3 млрд т до 2030 г. и порядка 60 млн т в год дополнительно добытой нефти при темпах ежегодного отбора на уровне 2 %. В

2016 г. ожидается, что компания Shell будет осуществлять управление всем своим фондом скважин в режиме реального времени – 24/7, а компания BP будет осуществлять аналогичное управление на 60 % своего эксплуатационного фонда скважин.

Опыт эксплуатации свыше 240 умных месторождений во всем мире, в том числе 26 умных месторождений в РФ, позволяет сделать осторожную оценку влияния инновационных технологий на эффект увеличения добычи нефти и газа при вводе в эксплуатацию умных скважин, внедрения высокотехнологичной обработки призабойных зон скважин, умных первичных, вторичных и третичных методов разработки и т.д. Применение подходов, решений и технологий, основанных на принципах интеллектуализации, позволит сократить операционные и инвестиционные затраты на 10-15 %, обеспечить прирост добычи нефти и газа на 5-15 %. Проблема увеличения дебита в условиях снижения добычи для большинства нефтедобывающих стран мира является очень актуальной. По этой причине техника и технологии повышения нефтеотдачи пластов и ввода в эксплуатацию остаточных запасов нефти постоянно совершенствуются. За последние годы российские и зарубежные компании выступили инициаторами значительного количества проектов в области методов повышения нефтеотдачи пластов, в том числе с применением химических реагентов для изменения фильтрационных потоков и нагнетания композиций химреагентов и наноагентов в разнообразных геологических условиях. Достигнуто значительно более детальное понимание фундаментальных физических и химических свойств горных пород и жидкостей, которые имеют решающее влияние на повышение общей добычи и увеличение экономических факторов проекта [5-28]. В связи с этим

потребовалось существенное увеличение экспериментальных возможностей для измерения соответствующих свойств горных пород и жидкостей, а также методов визуализации и моделирования процессов фильтрации в пластах в различных геологических и временных масштабах. Были построены современные системы визуализации процессов вытеснения в пластовых средах. Основными тенденциями в современной разработке умных нефтегазовых месторождений являются:

1. Создание интегрированной системы управления и принятия решений для нефтегазового месторождения в режиме реального времени.

2. Сбор, передача, обработка геоданных с миллионов датчиков на основе единых стандартов и протоколов передачи данных.

3. Внедрение эколого-, энерго- и ресурсосберегающих технологий (транспорта, дорог, погоды, ресурсов – металла, воды, воздуха, почвы, реагентов, запасных частей, оборудования) освоения нефтегазовых месторождений в режиме реального времени.

4. Перевод управления освоением нефтяного месторождения в режиме реального времени:

2015 – поквартальная, 2025 – ежемесячная, 2035 – еженедельная и 2045 – ежедневная латентность данных.

5. Переход к полностью автоматизированным и безлюдным технологиям на новых морских нефтегазовых месторождениях к 2025-2035 годам.

6. Обеспечение роста ежегодной почасовой производительности труда на умных нефтегазовых месторождениях от 5 до 7 % (рост ежегодной почасовой производительности труда среди инженерного и технического персонала США составляет 6 %; увеличение ежегодной почасовой оплаты инженерного и технического персонала США составляет 1 %).

Для увеличения потенциала динамичного развития нефтегазовой отрасли необходимо: повышать конкурентоспособность отечественной нефтегазовой отрасли на мировом рынке в части экономической эффективности за счет интеллектуализации; обеспечивать энергетическую безопасность страны через внедрение цифровых и интеллектуальных технологий управления поиском, разработкой, освоением и эксплуатацией месторождений углеводородов в режиме реального

времени. Мировые нефтегазовые компании планируют в ближайшие 10 лет вложить свыше триллиона долларов США в создание нефтегазовых технологий реального времени. Западные технологии двойного назначения активно внедряются при освоении глубоководных и сверхглубоководных морских нефтегазовых месторождений. Внедрение новых нефтегазовых информационных, телекоммуникационных технологий и технических средств реального времени позволит сократить капиталоемкость освоения труднодоступных ресурсов нефти и газа на шельфе РФ, Восточной Сибири и Дальнего Востока. Современное состояние сферы добычи нефти и газа требует от нефтегазовых компаний максимальной концентрации усилий на использовании цифровых и интеллектуальных и, в конечном итоге, безлюдных технологий на каждом этапе производственного цикла. Необходимо нацелить научно-технический персонал на максимально возможное использование потенциала основных средств, создать центры управления процессами добычи, переработки и транспортировки продукции в режиме реального времени.

Литература

1. Еремин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений: учеб. пособие для вузов. В 2-х кн. Кн. 1. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. – 200 с.: ил.
2. Еремин Н.А. Создание системы автоматизированного проектирования разработки нефтяных месторождений методом внутрипластового горения: дис. ... к.т.н. – М., 1986. – 120 с.
3. Еремин Н.А. Моделирование месторождений нефти методами нечеткой логики: дис. ... д.т.н. – М., 1995. – 397 с.
4. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. – М.: Наука, 1994. – 462 с.
5. Биометоды увеличения нефтеотдачи / Еремин Н.А., Ибатуллин Р.Р., Назина Т.Н., Ситников А.А. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 125 с.
6. Eremin Nikolai A., Nazarova Larisa N. Enhanced Oil Recovery Methods (на англ. яз.). – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 153 с.
7. Еремин Н.А., Пономаренко Е.М. Методика определения сходства пластов при выделении эксплуатационных объектов: учеб. пособие. – М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997. – 100 с.
8. Выбор метода воздействия на нефтяную залежь / Н.А. Еремин, А.Б. Золотухин, Л.Н. Назарова, О.А. Черников: учеб. пособие. – М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1995. – 190 с.
9. Еремин Н.А., Золотухин А.Б., Назарова Л.Н.

Промышленная оценка нефтяных месторождений на основе системного прогнозирования // Известия АН АССР. – Баку, 1988. – № 2. – С.74-80.

10. Золотухин А.Б., Еремин Н.А., Назарова Л.Н. Выбор рационального варианта разработки нефтяной залежи // Технология и техника методов повышения нефтеотдачи пластов: сб. науч. тр. МИНГ им. И.М. Губкина, № 199. – М.: МИНГ, 1988. – С. 17-24.
11. Еремин Н.А. Применение метода конечных элементов в задачах подземной гидродинамики // Физико-химические методы повышения нефтеотдачи пластов: тр. МИНХ и ГП, № 181. – М.: МИНХ и ГП, 1985. – С. 111-120.
12. Результаты научно-исследовательских работ в области тепловых методов воздействия на пласты / Ю.П. Желтов, Б.Ф. Губанов, А.Б. Золотухин, Н.А. Еремин и др. // Анализ результатов и перспективы повышения эффективности технологий применения методов теплового воздействия и технических средств для использования теплоносителей в продуктивных пластах: сб. науч. тр. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – С. 28-37.
13. Еремин Н.А., Золотухин А.Б., Назарова Л.Н. Проблемно-ориентированная система прогнозирования разработки нефтяных месторождений // Проблемно-ориентированные и экспертные системы: сб. тр., ЛИИАН, СССР. – Л., 1988.
14. Zolotukhin A.B., Eremin N.A., Nazarova L.N. Selection of EOR methods // Proc. of the Intern. Symp. on Development of Oil

**МНЕНИЯ УЧАСТНИКОВ О КОНФЕРЕНЦИИ**

» **А.Н. Янтудин, главный инженер проектов, ООО «РН-Уфа-НИПИнефть»:**

– Конференция мне нравится целенаправленностью тематики. Интеллектуальные скважины – это достаточно актуально, все сейчас озабочены этим вопросом. Как повысить информативность, как увеличить рентабельность отечественной нефтегазодобычи благодаря использованию последних, современных технологий. Ознакомиться с новейшими разработками, опытом их внедрения у своих коллег – это дорогого стоит. А к тому же прекрасное место проведения конференции и созданная организаторами дружеская обстановка, располагающая к общению. В качестве соорганизатора форума выступил общероссийский научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации», являющийся одним из передовых научно-технических журналов. Хочется выразить благодарность за помощь в организации таких общероссийских и международных конференций, где мы можем несмотря ни на какие сложности встречаться с нашими коллегами и друзьями, становиться лучше и развивать нашу отрасль.

» **В.Ш. Мухаметшин, директор филиала в г. Октябрьском, ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»:**

– Считаю для себя эту конференцию крайне полезной. Я увидел и услышал очень много интересного. Конечно, возникло больше вопросов, чем ответов, но это, наверно, самое главное достижение, потому что вопросы будоражат мышление и делают нашу жизнь интересной. Хочу отметить, что я не только понимаю ту новую информацию, которую здесь получаю, но и нахожу подтверждение той информации, которой владею. Это вселяет в меня уверенность в правильности своего видения, своего движения.

Организаторам удалось создать здесь особую атмосферу доверия и взаимопонимания, конференция проходит в конструктивной, душевной, теплой обстановке.

» **Д.С. Солнцев, заведующий группой в технологическом отделе №2, ОАО «Гипровостокнефть»:**

– Наша компания стремится разрабатывать передовые методики в проектировании месторождений, вкладывает средства в автоматизацию их разработки.

Не секрет, что с каждым годом количество легкоизвлекаемых запасов нефти резко снижается. Надо сосредоточиться на трудноизвлекаемых ресурсах: шельф, высоковязкая нефть, а для этого нужны инновационные технологии. Поэтому основная цель нашего приезда – познакомиться с новыми методами добычи и промысловой подготовки углеводородов, позволяющими оптимизировать использование человеческих ресурсов, увеличить срок эффективной эксплуатации месторождений. Конференция мне очень нравится: большой и представительный состав участников, интересные доклады, грамотная организация – все вовремя, четко.

Fields with Fissured Reservoirs, Varna, Bulgaria, Oct. 22-25, 1990. – Varna, 1990. – P. 58-63.

15. Еремин Н.А., Золотухин А.Б. Система автоматизированного проектирования разработки нефтяных месторождений методом внутрипластового горения // Математическое моделирование: сб. тр. Ин-та теоретич. и приклад. механики СО АН СССР. – Томск, 1988. – С. 65-72.

16. Еремин Н.А., Золотухин А.Б., Сургучев Л.М. Методика оценки уровня и конкурентоспособности технологий и методов увеличения нефтеотдачи // РД Миннефтегазпром СССР, 1990. – 56 с.

17. Выбор метода воздействия на нефтесодержащие пласты / Н.А. Еремин, А.Б. Золотухин, Л.Н. Назарова, Е.М. Пономаренко // Нефтяное хозяйство. – 1991. – № 3. – С. 21-23.

18. Basnieva I.K., Eremin N.A., Yudovina E.F. Multicriterial approach to the analysis of large gas and gas-condensate fields development // Flow through porous media: Fundamentals and reservoir engineering applications: Proc. of the Intern. Conf., Moscow, 21-26 Sept., 1992. – М., 1992. – P. 28-31.

19. Basnieva I.K., Eremin N.A., Ponomarenko E.M., Yudovina E.F. Multicriterial approach to EOR/IOR methods application analysis in reservoir engineering projects // Proceedings: seventh European Symposium on Improved Oil Recovery. 27-29 Oct. 1993. Moscow, Russia. – Vol. 1. – P. 52-60.

20. Еремин Н.А., Сурина В.В., Приказчикова М.С. Оценка применимости полимерного заводнения с использованием теории нечетких множеств // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 4. – С. 54-57.

21. Еремин Н.А. Литологические и седиментологические аспекты применения методов воздействия на нефтяные пласты // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 7. – С. 43-46.

22. Еремин Н.А., Пономаренко Е.М. Знаковые структуры при выделении эксплуатационных объектов // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 8. – С. 35-38.

23. Еремин Н.А., Фирсова Н.В. Выбор фирмы-оператора на основе конкурса-тендера // Нефтяное хозяйство. – 1994. – № 11/12. – С. 45-49.

24. Еремин Н.А., Богаткина Ю.Г., Бочкарева Т.Ю., Панарин А.Т. О методе оценки эффективности разработки крупных месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1995. – № 1-2. – С. 52-56.

25. Еремин Н.А., Пономаренко Е.М. Лингвистическое описание параметров при выделении эксплуатационных объектов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 1994. – № 5-6. – С. 52-56.

26. Еремин Н.А. Применение экспертно-статистического анализа в выборе метода воздействия на нефтяные пласты // Нефтепромысловое дело. – 1995. – № 4. – С. 12-14.

27. Еремин Н.А., Пономаренко Е.М. Методика определения сходства пластов в задаче выделения эксплуатационных объектов // Нефтяное хозяйство. – 1996. – № 7. – С. 42-44.

28. Еремин Н.А., Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г. Принципы построения автоматизированной системы технико-экономической оценки месторождений нефти и газа // Нефть, газ и бизнес. – 2000. – № 4(36). – С. 16-20.

29. Гаричев С.Н., Еремин Н.А. Технология управления в реальном времени: Учеб. пособие. В 2 ч./ Гаричев С.Н., Еремин Н.А. – М.: МФТИ, 2015 – Ч. 2. – 304 с.: ил. ISBN 978-5-7417-0572-8 (Ч.2). – С. 9.