

# Экспертно-информационная система оптимального планирования геолого-технологических мероприятий «ГТМ.Эксперт»

Р.Р. Ахметзянов  
С.А. Екимцов  
И.И. Карамов  
Р.Х. Закиров  
А.Р. Набиев  
Р.Р. Муратов  
В.Г. Кондратьев

tatasu@tatintec.ru

УК «Татинтек», ООО «ТатАСУ», Альметьевск, Россия

**Успешная разработка месторождений нефти с трудноизвлекаемыми запасами тесно связана с эффективностью применяемых геолого-технологических мероприятий (далее — ГТМ) по регулированию разработки и увеличению добычи.**

Планирование применения ГТМ в настоящее время осуществляется специалистами геологических и технологических служб нефтедобывающих и сервисных компаний на основе анализа геолого-промыслового материала, знаний о методах воздействия на пласты и опыта применения конкретных технологий в условиях данного объекта. Очевидно, что в такой сложной области, как разработка нефтяных месторождений, такой алгоритм обоснования применения ГТМ содержит существенную долю субъективности ввиду ограниченности возможностей специалиста или группы специалистов. Невозможность охвата всей ширины и глубины накопленных знаний в рамках «ручного» анализа, преобладающее влияние личного опыта специалиста снижают потенциал технологий воздействия на пласт и их технико-экономическую эффективность.

Процесс планирования ГТМ включает анализ двух составляющих: объекта применения и технологии воздействия, каждый из которых обладает множеством характеристик и свойств, влияющих на результат воздействия.

Анализ объекта — продуктивного пласта — требует ответа на вопросы о состоянии гидродинамического режима и распределения запасов, состояния призабойной зоны пласта и геолого-физических свойствах отложений, потенциала добычи отдельной скважины и залежи в целом, вещественном составе пород и свойствах флюидов и множество других вопросов, каждый из которых существенно влияет на выбор конкретной технологии и на успешность ее применения.

С другой стороны, механизм воздействия современных технологий на свойства пород и флюидов является многогранным физико-химическим процессом различного временного и пространственного масштаба.

Перечислим кратко сложности, которые объективно возникают при планировании ГТМ, при подборе скважин для воздействия и выборе конкретной технологии:

- неполнота, нерегулярность поступления, неточность доступной геолого-промысловой информации по скважинам;
- изменчивость свойств и параметров пласта, недостоверность знаний о межскважинном пространстве объекта разработки;
- необходимость анализа большого количества факторов, влияющих на эффективность конкретной технологии, многокритериальность задачи выбора определенной технологии;
- широкий реестр технологий воздействия на пласт и их модификаций, схожесть критериев их эффективности;
- невозможность задания четких границ

и диапазонов, определяющих условия успешного применения методов, размытость количественных критериев и большая доля качественных критериев;

- отсутствие достаточного объема статистической информации об исследуемом объекте и процессах.

Применение возможностей компьютерных технологий в этих условиях является естественным и очевидным направлением повышения обоснованности принятия решений при планировании ГТМ и повышения их эффективности.

Существующие программные продукты используют средства искусственного интеллекта, методы статистического анализа и другие подходы для обоснования применения различных технологий при разработке месторождений. Из публикаций в открытой печати известно, что в основе их лежит применение алгоритмов нейронных сетей, корреляционно-регрессионный анализ фактических реализаций методов воздействия в различных геолого-промысловых условиях.

Следует отметить, что использование нейронных сетей целесообразно только при наличии достаточно большой обучающей выборки, включающей примеры решения поставленной задачи [1]. Другой серьезный недостаток нейронных сетей — неспособность к объяснению. Нейронные сети не дают пользователю представления о том, как они решили поставленную задачу и представляют собой, по сути дела, «черный ящик». Такие же недостатки свойственны и методам статистического анализа.

Для повышения обоснованности принятия решений при планировании ГТМ и увеличения эффективности мероприятий предлагается использование экспертной системы, основанной на базе знаний и применении математического аппарата теории нечеткой логики.

Выбор экспертной системы для выполнения функций искусственного интеллекта имеет существенные преимущества перед нейросетевыми технологиями именно в сфере нефтедобычи.

Экспертные системы показали наибольшую эффективность при решении задач, характеризующихся следующими свойствами [2, 3]:

1. Отсутствием детерминированных моделей решения поставленной задачи.
2. Отсутствием достаточного объема накопленной статистики, необходимой для обучения нейронной сети, сложностью формирования обучающей выборки.
3. Достаточной изученностью процессов, приводящих к решению задачи, в силу чего специалисты-эксперты способны сформировать неформальную модель ее решения,

например, дать вербальную модель, интуитивный алгоритм, приводящий к решению задачи, руководствуясь своим опытом.

4. Потребностью использования опыта специалистов-экспертов для менее квалифицированных исполнителей [4].

Важное преимущество экспертных систем перед нейросетевыми моделями — представление в явном виде заложенных в них экспертных знаний, которые относительно легко можно сформулировать, изучить и понять. Экспертные системы, в отличие от нейронных сетей, прозрачны в толковании, т.е. способны объяснить способ решения, обосновать выбор и обучить этим методам других специалистов.

Таким образом, именно экспертные системы — наиболее целесообразный подход при решении трудно формализуемых задач управления и принятии решений в условиях достаточно хорошего понимания специалистами-экспертами способов решения задач, позволяющих построить неформальные модели их решения. Кроме того, экспертные системы позволяют распространить опыт специалистов-экспертов, оказывать помощь в решении поставленной задачи.

Другое отличие нашего подхода к решению задачи оптимизации планирования ГТМ заключается в использовании теории нечетких множеств и методов нечеткой логики. Специалисты не имеют возможности полной формализации совокупности протекающих процессов, которые происходят при разработке залежей нефти. В рамках классических (традиционных) методов и принятых в них формальных процедурах невозможно описать неточные, неопределенные и фрагментарные данные, которыми представлены показатели разработки, характеристики геологического строения и свойства флюидов, другие геолого-промысловые показатели.

Методы, основанные на теории нечетких множеств, показали большую эффективность при решении трудно формализуемых задач,

требующих обработки нечетких, размытых, качественных (неколичественных) понятий, умозаключений на основе таких понятий, принятия решений в условиях неполноты, неточности исходных данных, нечеткости достигаемых целей.

В работе [5] выделены следующие формы неопределенностей, возникающих при разработке нефтяных месторождений:

- неполное понимание совокупности протекающих процессов (геологических, физических, технологических, экологических и др.), которые происходят при разработке залежей нефти;
- отсутствие необходимого объема статистической информации об исследуемом объекте;
- значительная фрагментарность проводимых исследований в области разработки месторождений в условиях нечеткости, размытости, неопределенности информации;
- размытость в определении составляющих частей, характеристик и свойств нефтяного пласта.

Нефтяное месторождение, таким образом, является по своей природе неопределенной, нечеткой системой, в которой взаимодействие элементов и протекающие процессы являются неопределенными.

В попытке обойти недостатки существующей практики работы с неопределенными, неточными данными по разработке месторождений и эксплуатации скважин предлагается метод, основанный на многокритериальной нечеткой модели принятия решений. При этом рассматривается вся доступная информация, обычно фрагментарная и неполная, качественный тип информации, который не может быть обработан традиционными методами.

Математической моделью является теория нечетких множеств, предложенная в середине 60-х годов прошлого века Л.А. Заде [6, 7]. По своей природе она наиболее пригодна там, где приходится работать с

отсутствием, неполнотой или субъективностью исходных данных, отсутствием накопленной статистики.

Методы нечеткой логики и экспертных оценок позволяют определять наиболее эффективные методы воздействия и получать не только качественную характеристику применимости метода типа «пригоден — не пригоден», но и находить количественную оценку обоснованности принятого решения. Из множества возможных технологий найдется несколько наиболее эффективных для реализации в данных геолого-промысловых условиях.

Экспертно-информационная система «ГТМ.Эксперт» представляет собой программный продукт, предназначенный для использования специалистами геологических и технологических служб нефтедобывающих и сервисных компаний в процессе планирования и оценки эффективности применения ГТМ. Система способствует достижению максимальной технико-экономической эффективности путем подбора оптимальных технологий в конкретных геолого-промысловых и финансово-экономических условиях разработки месторождений.

Принципы работы системы заключаются в использовании интегрированной геолого-промысловой, технологической, технической и экономической информации и формирование оптимальных решений на основе экспертной системы. Экспертная система базируется на методах нечеткой логики выбора методов воздействия, на эмпирических и вычислительных моделях реализации технологий.

На рисунке приведена логическая блок-схема программного обеспечения экспертно-информационной системы, которая состоит из взаимодействующих функциональных блоков.

Блок «Информационное обеспечение» является хранилищем данных для работы всех блоков, применяя интерфейс взаимодействия, адаптированный со структурой

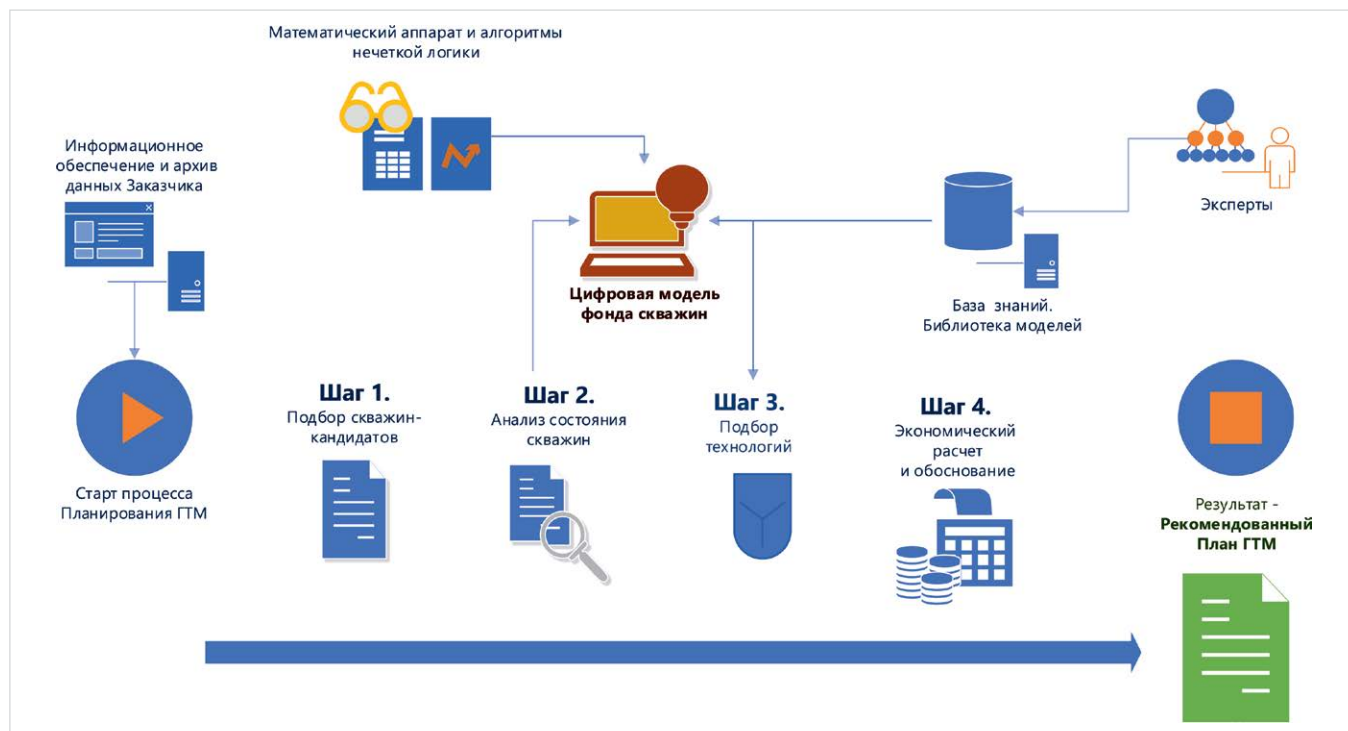


Рисунок — Логическая блок-схема экспертно-информационной системы «ГТМ.Эксперт»

информационного обеспечения компании-пользователя, интегрирует всю необходимую информацию о строении и эксплуатации объектов разработки, работе скважин. Основные разделы блока содержат накопленную с начала разработки информацию по геолого-геофизическим данным, показателям эксплуатации скважин, конструкции и оборудовании скважин, результатам исследований скважин и пластов, проведенным ГТМ, геолого-физическим характеристикам пластов и флюидов и др.

На первом этапе пользователь имеет возможность выбора группы скважин по заданным критериям для диагностики скважин с определением необходимости проведения ГТМ. Введение функции ограничения выборки, помимо ускорения проведения расчетов, позволяет пользователю проводить анализ по территориальному или организационно-производственному признаку (например, блок, цех и т.п.), а также позволяет сосредоточиться на скважинах по проблемному признаку (например, высокая обводненность, низкий дебит, темпы падения дебита и др.).

Из выбранной группы по каждой скважине осуществляется диагностика текущего состояния с глубоким и всесторонним анализом пласта в районе скважины, системы «скважина–пласт» и оборудования. Диагностика включает оценку выработки запасов и гидродинамического режима, геолого-физическую характеристику вскрытого скважиной разреза пласта, состояния и динамики свойств призабойной зоны, технического состояния скважины и других данных. Анализ производится средствами экспертной системы с базой знаний по диагностическим признакам. Использование разнородных, систематизированных данных, охватывающих как текущую, так и ретроспективную информацию, позволяет учесть геологические, технологические и технические причины и критерии получаемых выводов процесса диагностики. В результате для каждой скважины блок диагностики выдает заключения о необходимости и возможности проведения ГТМ, вид воздействия и оценку ожидаемой успешности. Полученные результаты сопровождаются объяснениями: пользователю представлен интерфейс с возможностью привлечения графиков, таблиц, каротажных диаграмм и других материалов для более глубокого понимания выводов компьютерной диагностической системы, сопоставления с собственными знаниями и опытом.

Перечень скважин-кандидатов с заключением о необходимости и возможности проведения ГТМ поступает в блок выбора и оптимизации технологий. Этот блок несет основную функциональную нагрузку в экспертно-информационной системе.

Блок выбора и оптимизации технологии, опираясь на перечень доступных технологий, базу знаний и библиотеку эмпирических и вычислительных моделей, осуществляет для каждой скважины многокритериальный анализ условий применения технологий, параметров технологического процесса. Результатом такого анализа является выбор одной или нескольких технологических операций, для которых рассчитываются величина ожидаемого технологического эффекта в виде дополнительной добычи нефти, сокращения попутно добываемой воды или

ресурсосбережения, количественная оценка обоснованности принятого решения, а также оценка технико-экономических показателей реализации технологической операции (ресурсо- и трудозатраты, финансовые вложения, рентабельность и т.д.). Многовариантные расчеты с вариацией технологических параметров позволяют оптимизировать мероприятие по заданным критериям (технологическим, экономическим и т.п.).

Система обладает гибкостью к условиям конкретных месторождений и компаний, позволяет провести адаптацию базы знаний, эмпирических моделей и других компонентов для применяемых ГТМ, а также включить в рассмотрение новых технологий и видов мероприятий.

Программный продукт "ГТМ.Эксперт" представляет собой кроссбраузерную модульную систему. Бизнес-процесс системы реализован на платформе корпоративного уровня Java EE 8 с использованием программного обеспечения, поддерживающего специализированный язык программирования для статистической обработки данных (R). Помимо собственного хранилища данных системы разработан адаптируемый модуль загрузки информации из различных баз данных (Oracle, PostgreSQL, MS SQL и др.), вебсервисов (REST и SOAP) и файловых хранилищ. Клиентский интерфейс пользователя реализован с использованием современной технологии HTML5 и JavaScript фреймворков. Разработаны приложения для мобильных устройств под управлением ОС Android и iOS. Также система поддерживает доменную авторизацию и ролевое разграничение доступа к данным и функционалу.

Таким образом, конечным результатом выполнения цикла расчетов экспертно-информационной системы является обоснование применения мероприятий для принятия решения при планировании ГТМ. При этом лицо, принимающее решение, опирается не только на специалистов собственной компании, а на экспертную систему и базу знаний, в которых аккумулированы опыт и знания широкого круга специалистов, результаты применения технологий в широком диапазоне объектов разработки, выполнен анализ интегрированных данных по работе скважин и исследованиям скважин и пластов.

#### Список литературы

1. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия – Телеком, 2001. 382 с.
2. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. Минск: НТОО «ТетраСистемс», 1997. 368 с.
3. Шагиахметов М.Р. Модели и комплекс программ многокритериального принятия решений в условиях неопределенности в нефтедобыче. Казань, 2004. 160 с.
4. Ларичев О.И. Выявление экспертных знаний. М.: Наука, 1989. 128 с.
5. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. М.: Наука, 1994. 462 с.
6. Zadeh L.A. Fuzzy Sets/Information and Control, 1965, v.8, pp. 338–353.
7. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.



## НАМИ ВНЕДРЕННЫ:

проекты автоматизации в нефтегазовой, химической, энергетической и других отраслях промышленности

## МЫ ВЫПОЛНЯЕМ

весь цикл работ — от предварительного обследования, анализа бизнес-процессов до разработки, внедрения и сопровождения конечных продуктов

## НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

- ▶ услуги по разработке и сопровождению программных комплексов;
- ▶ информационное обеспечение строительства скважин;
- ▶ геоинформационные системы (ГИС);
- ▶ решение задач геологического и гидродинамического моделирования;
- ▶ внедрение и сопровождение систем бухгалтерского, налогового учета и отчетности;
- ▶ комплексные решения по автоматизации на базе программных продуктов 1С;
- ▶ автоматизация задач транспортных компаний, включая спутниковый мониторинг.

185 СОТРУДНИКОВ



Альметьевск, ул. Мира, д. 4, офис 2  
8 (8553) 314-710 [tatintec.ru](http://tatintec.ru)

Дополнительные офисы и производственные площадки: в Казани, Бавлах и других городах Республики Татарстан