

УДК 004.9:622.276

**В.П. Комагоров, О.Б. Фофанов, Э.М. Мехтиев, А.О. Савельев, А.А. Алексеев**

## **Система адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения**

Основным инструментом поддержки принятия решений, применяемым при разработке месторождений, является постоянно действующая геолого-технологическая модель (ПДГТМ). Развитие «интеллектуальных» измерительных систем позволяет существенно повысить эффективность использования ПДГТМ в процессах принятия решений. Актуальной задачей является разработка новых технологий и методов, обеспечивающих возможность непрерывного сбора и хранения геолого-технологической информации, автоматизированной адаптации ПДГТМ, формирования оптимальной стратегии разработки месторождения. Поэтому целью настоящих исследований является разработка структуры системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения. В статье приведен аналитический обзор потребностей в создании единой технологии применения ПДГТМ при управлении разработкой месторождений. Рассмотрена концепция создания «интеллектуального» месторождения, позволяющая устранить текущие недостатки использования ПДГТМ. Разработана обобщенная структура системы мониторинга и адаптивного управления разработкой месторождения.

**Ключевые слова:** «Интеллектуальное» месторождение, постоянно действующая геолого-технологическая модель, система мониторинга и адаптивного управления разработкой месторождения.

**Построение и применение постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений.** Одним из главных направлений повышения качества проектирования, контроля и управления разработкой месторождений углеводородов является применение цифровых постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений [1–2].

Постоянно действующая геолого-технологическая модель (ПДГТМ) – это объемная имитация месторождения, хранящаяся в памяти компьютера в виде многомерного объекта, позволяющая исследовать и прогнозировать процессы, протекающие при разработке в объеме резервуара, непрерывно уточняющаяся на основе новых данных на протяжении всего периода эксплуатации месторождения.

ПДГТМ обеспечивает возможность эффективного решения следующих задач:

- а) уточнение геологического строения месторождения (залежи) в процессе бурения новых скважин;
- б) расчет различных вариантов разработки: определение характера и степени выработки запасов на основе анализа полей распределения насыщенности флюидов и удельных остаточных запасов, выявление условий и особенностей продвижения закачиваемых вод;
- в) прогноз темпов отбора добывающих скважин;
- г) оптимизация режимов работы добывающих скважин;
- д) планирование геолого-технических мероприятий (ГТМ) и расчет экономической эффективности их выполнения;
- е) прогноз состояния разработки месторождения при целенаправленном изменении условий разработки продуктивных пластов в рамках запланированных ГТМ.

Построение ПДГТМ осуществляется на основе цифровых геологической и гидродинамической моделей месторождения подразделениями научно-исследовательского и проектного института в процессе выполнения проекта на разработку месторождения. Затем она передается нефтегазодобывающему предприятию на сопровождение (рис. 1).

Вместе с тем аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы [3–5] свидетельствует о том, что применение ПДГТМ для повышения эффективности разработки месторождений ограничено рядом факторов, к числу которых относятся:

- а) отсутствие технологии оперативного сбора и хранения геолого-технологической информации о текущем состоянии разработки месторождения;
- б) ручная, не автоматизированная адаптация ПДГТМ на текущее состояние разработки месторождения и, как следствие, низкое качество ее адаптации;
- в) недостаточная эффективность планируемых и выполняемых ГТМ из-за низкого качества адаптации ПДГТМ;
- г) отсутствие возможности составления оперативных прогнозов состояния разработки месторождения после проведения ГТМ.

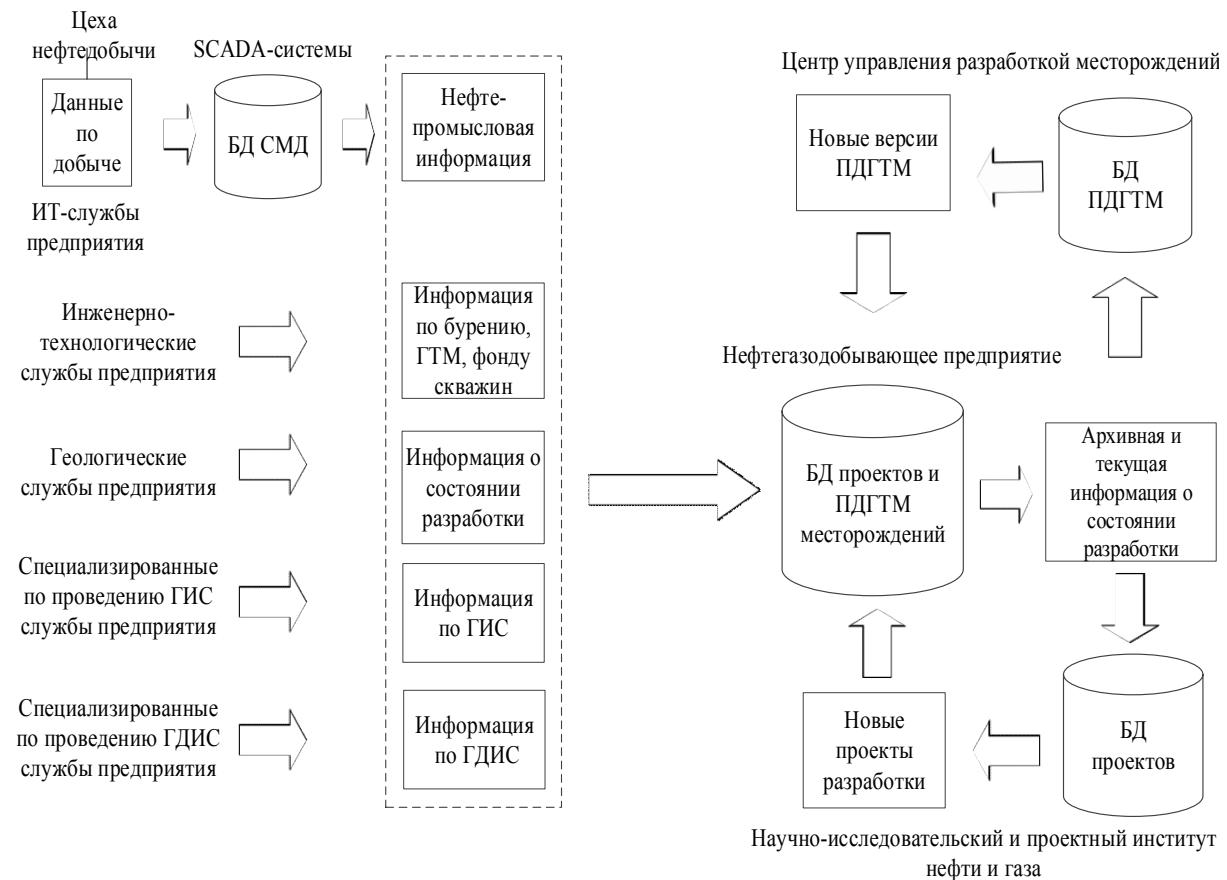


Рис. 1. Обобщенная схема построения и сопровождения ПДГТМ

**Структура системы адаптивного управления «интеллектуальным» месторождением.** В настоящее время появилась и активно развивается концепция «интеллектуального» месторождения [3–7]. В соответствии с этой концепцией введем ряд понятий.

«*Интеллектуальная скважина*» – это комплекс наземного и подземного оборудования скважины, включающий в себя погружную и наземную телеметрию (датчики, приборы, микропроцессорные контроллеры) для непрерывного сбора и обработки информации о работе системы «пласт-скважина–насосная установка» и обеспечения функционирования этой системы в заданном режиме автоматически либо изменении режима функционирования (параметров системы) оператором добычи.

«*Интеллектуальная кустовая площадка*» – это автономная группа «интеллектуальных» скважин и комплекс измерительного оборудования, расположенные в пределах контура месторождения и оснащенные микропроцессорным блоком, обеспечивающим мониторинг состояния скважин и передачу технологической информации в автоматизированный диспетчерский пункт месторождения.

«*Интеллектуальное месторождение*» – это объединение «интеллектуальных» кустовых площадок всего месторождения, располагающее автоматизированным диспетчерским пунктом, содержащим коммуникационное и серверное оборудование и автоматизированные рабочие места (АРМ) производственного персонала: геолога, технолога, механика, оператора добычи и др. – для оперативного решения задач управления разработкой месторождения.

Концепция «интеллектуального» месторождения предполагает создание высокоэффективных систем мониторинга и управления разработкой, которые учитывают структурные особенности этих месторождений и применение которых обеспечит значительное повышение уровня добычи нефти и газа, а также сократит производственные издержки (в том числе, численность персонала). Вместе с тем проведенный анализ существующих программных комплексов и систем управления разработкой свидетельствует о том, что они не ориентированы на «интеллектуальное» месторождение и «интеллектуальное» заканчивание скважин [5, 8–10].

С появлением концепции «интеллектуального» месторождения и ее реализацией в форме «интеллектуальных» кустовых площадок и «интеллектуальных» скважин отмеченные недостатки применения ПДГМ в значительной степени могут быть устранены путем создания на ее основе высокоэффективной интегрированной системы мониторинга технологических процессов и адаптивного управления разработкой месторождений.

Система мониторинга и адаптивного управления разработкой месторождений включает в себя три основные подсистемы:

- а) подсистему сбора геолого-технологической информации;
- б) автоматизированный диспетчерский пункт;
- в) центр управления разработкой месторождений.

Подсистема сбора геолого-технологической информации осуществляет мониторинг «интеллектуальных» скважин и кустовых площадок, формирует и передает данные в автоматизированный диспетчерский пункт. Автоматизированный диспетчерский пункт предназначен для оперативного управления разработкой всего «интеллектуального» месторождения. Он содержит АРМ производственного персонала, ведет сбор, обработку и хранение данных о текущем состоянии разработки.

Центр управления разработкой месторождений (ЦУРМ) является главной компонентой системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуальных» месторождений. Он осуществляет непрерывный сбор и хранение геолого-технологической информации по всем месторождениям с помощью корпоративной вычислительной сети предприятия, автоматизированную адаптацию ПДГТМ на текущее состояние разработки, планирование ГТМ на основе адаптированной ПДГТМ и формирование оптимальной стратегии разработки месторождений.

**Заключение.** Анализ существующих подходов к разработке месторождений нефти и газа позволил выявить отсутствие единой универсальной технологии применения ПДГТМ, включающей в себя решение задач непрерывного сбора и передачи геолого-технологической информации, автоматизированной адаптации ПДГТМ на текущее состояние разработки месторождения и оптимизации планирования и оценки эффективности ГТМ.

Недостатки применения ПДГТМ могут быть в значительной степени устранены в условиях «интеллектуального» месторождения – комплекса оборудования кустов скважин средствами telemetry для непрерывного сбора геолого-технологической информации и ее передачи в ЦУРМ для принятия эффективных решений по управлению разработкой месторождения.

В ходе выполнения исследований по созданию системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения решены следующие задачи:

а) выбраны и обоснованы направления работ по созданию системы мониторинга технологических процессов и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе ПДГТМ;

б) разработана структура системы мониторинга и адаптивного управления разработкой месторождений, учитывающая особенности «интеллектуальной» разработки и позволяющая устраниить недостатки использования ПДГТМ как основного инструмента поддержки принятия решений.

Результаты проведенных научно-исследовательских работ могут быть использованы при построении опытных и промышленных образцов систем мониторинга разработки месторождений. На их основе можно проводить обучение студентов, подготовку, переподготовку, тестирование и сертификацию специалистов нефтегазовых предприятий.

Исследования проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках финансирования работ по государственному контракту 14.515.11.0047.

**Литература**

1. Меркурьева Е.А. Анализ эффективности использования постоянно действующих моделей при проектировании разработки нефтяных месторождений и их адаптация к реальным геолого-промышленным условиям: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2008. – 146 с.
  2. Маркелов Д.В. «Месторождение на ладони» – инновационный взгляд на перспективу интеллектуальных месторождений // Инженерная практика. – 2010. – Вып. 9. – С. 43–46.
  3. Интеллектуальное заканчивание: автоматизированное управление добычей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/2007/winter/1%20IntelligentCompletion.pdf>, свободный (дата обращения: 09.02.2013).
  4. Интеллектуальное месторождение: новые возможности и новые решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php?SECTION\\_ID=&ELEMENT\\_ID=1414](http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php?SECTION_ID=&ELEMENT_ID=1414), свободный (дата обращения: 09.02.2013).
  5. Концепция создания отраслевого программного продукта Республики Казахстан для проектирования разработки и мониторинга геолого-технических мероприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://do-project.ru/docs/2011-1.pdf>, свободный (дата обращения: 20.06.2013).
  6. Силич В.А. Принципы разработки системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе постоянно действующей геолого-технологической модели / В.А. Силич, В.П. Комагоров, А.О. Савельев // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323, вып. 5. – С. 94–100.
  7. Силич В.А. Применение методологии OMSD для моделирования системы планирования геолого-технических мероприятий / В.А. Силич, В.З. Ямпольский, А.О. Савельев, В.П. Комагоров, А.А. Алексеев // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, вып. 5. – С. 42–46.
  8. Мещеряков Р.В. Подходы к внедрению ERP-систем на крупных предприятиях / Р.В. Мещеряков, М.В. Савчук // Бизнес-информатика. – 2011. – Вып. 2. – С. 63.
  9. Мещеряков Р.В. Критерий структурной сложности информационных систем // Труды СПИИРАН. – 2010. – Т. 14, вып. 3. – С. 76–90.
  10. Мещеряков Р.В. Система цифровой обработки радиометрических сигналов для неразрушающего контроля сложнопрофильных крупногабаритных изделий / Р.В. Мещеряков, А.А. Охотников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2009. – Т. 2. – С. 153–156.
- 

**Комагоров Владимир Петрович**

Канд. техн. наук., зав. науч.-учеб. лабораторией «Виртуальный промысел» Института кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИТПУ)  
Тел.: 8-913-106-20-10  
Эл. почта: komagorov@tpu.ru

**Фофанов Олег Борисович**

Канд. техн. наук., зав. каф. оптимизации систем управления (ОСУ) Института кибернетики НИТПУ  
Тел.: 8-913-848-17-55  
Эл. почта: ofofano@tpu.ru

**Мехтиев Эльчин Мехтиевич**

Начальник службы ИКТ ОАО «Томскнефть» ВНК  
Тел.: 8-913-806-52-25  
Эл. почта: Mehtiev@tomskneft.ru

**Савельев Алексей Олегович**

Ассистент каф. ОСУ Института кибернетики НИТПУ  
Тел.: 8-909-540-63-78  
Эл. почта: sava@tpu.ru

**Алексеев Александр Александрович**

Инженер научно-учебной лабораторией «Виртуальный промысел» Института кибернетики НИТПУ

Тел.: 8-923-604-05-86

Эл. почта: frt@tpu.ru

Komagorov V.P., Fofanov O.B., Mehtiev E.M., Savel'ev A.O., Alekseev A.A.

**The use of permanent geological and technological models for adaptive management of «intelligent» oilfield development**

Permanent geological and technological model is one of the most important instruments of decision support in oilfield development. The urgent task is to develop new technologies and methods, enabling continuous collection and storage of geological and technological information , automated adaptation of permanent geological and technological models for design of the optimal strategies for oilfield development. The main aim of the study: design system of monitoring and adaptive management of the development of «intelligent» field structure. The results: analytical review identified the need to create a unified technology for using the permanent geological and technological models; proposed the concept of creating «intelligent» oilfield, which can eliminate the disadvantages of current using of permanent models; the structure of the system of monitoring and adaptive management is developed.

**Keywords:** Intelligent oil field, permanent geological and technological model, system of monitoring and adaptive management.

---