

УДК 004.9:622.276

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

Томский политехнический университет
E-mail: sava@tpu.ru

Актуальность работы обусловлена отсутствием единой универсальной технологии применения постоянно-действующих геолого-технологических моделей, включающей в себя решение задач непрерывного сбора и передачи геолого-технологической информации, автоматизированной адаптации модели на текущее состояние разработки месторождения и оптимизации планирования и оценки эффективности геолого-технических мероприятий.

Цель работы: формирование основополагающих принципов разработки системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе постоянно действующей геолого-технологической модели.

Методы исследования: объектно-ориентированная методология проектирования, метод последовательного синтеза информационных технологий управления.

Результаты: Сформулированы основополагающие принципы организации системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения: адаптивности, прозрачности, единого информационного пространства и контроля целостности. Полученные результаты могут быть использованы при построении промышленных систем мониторинга текущего состояния разработки нефтяных месторождений.

Ключевые слова:

«Интеллектуальное» месторождение, система мониторинга, поддержка принятия решений, проектирование информационных систем.

Введение

Одним из главных направлений повышения качества проектирования, контроля и управления разработкой месторождений углеводородов является применение цифровых постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений [1–3].

Основным средством поддержки принятия решений, применяемым при разработке месторождений, является постоянно действующая геолого-технологическая модель (ПДГТМ).

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) 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.
- б) Прогноз темпов отбора добывающих скважин.
- в) Оптимизация режимов работы добывающих скважин.
- г) Уточнение геологического строения месторождения (залежи) в процессе бурения новых 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.

Вместе с тем аналитический обзор современной научно-технической, нормативной и методической литературы свидетельствует о том, что применение цифровых постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений 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 месторождений;
- б) неавтоматизированная адаптация ПДГТМ на текущее состояние разработки месторождения и, как следствие, низкое качество 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.

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.

Особенности «интеллектуального» месторождения

В настоящее время появилась и активно развивается концепция «интеллектуального» место-

рождения [4–6]. При этом отсутствует технология контроля и управления разработкой, учитывающая структурные особенности «интеллектуального» месторождения, включающего в себя «интеллектуальные» кустовые площадки и «интеллектуальное» заканчивание скважин [7].

В рамках настоящей статьи под терминами «интеллектуальное» месторождение, «интеллектуальная» кустовая площадка и «интеллектуальная» скважина будем понимать следующее.

«*Интеллектуальное*» месторождение – это комплекс оборудования кустов скважин, площадок подготовки и хранения нефти и газа, поддержания пластового давления, промысловых трубопроводов, содержащий средства телеметрии для непрерывного сбора технологической информации и ее передачи по вычислительной сети нефтегазового предприятия в центр управления промыслом (ЦУП) для мониторинга:

- а) технологических процессов и адаптивного управления разработкой месторождения на основе ПДГТМ;
- б) технологических процессов подготовки и перекачки нефти;
- в) технологических процессов поддержания пластового давления;
- г) состояния сетей трубопроводов и составления прогнозов по возникновению аварийных ситуаций.

«*Интеллектуальная*» кустовая площадка – это комплекс оборудования куста скважин, включающий в себя добывающие и нагнетательные скважины, электроцентробежные (ЭЦН) и штанговые глубинные (ШГН) насосы, станции управления насосами, водораспределительные батареи (ВРБ) нагнетательных скважин и блок местной автоматики (БМА), содержащий микропроцессорный комплекс, который обеспечивает непрерывный сбор, обработку и передачу технологической информации в центр управления разработкой месторождения.

«*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 при изменении режима функционирования (параметров системы) оператором добычи.

Принципы организации системы мониторинга и адаптивного управления

Для формирования стратегии разработки системы мониторинга технологических процессов и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе ПДГТМ были сформированы следующие основные принципы.

1. *Принцип адаптивности.* Управление разработкой месторождения на уровне нефтедобывающих компаний является формализованным процессом, этапы которого определяются соответствующими регламентами. Последовательность действий каждого из этапов зависит от организационной структуры компании. Следовательно, проектирование системы мониторинга и адаптивного управления на основе набора типовых регламентов неэффективно по следующим причинам:

- а) Частичное соответствие регламентов различных компаний друг другу. Система, разработанная на основе нормативных документов одной компании, не может быть внедрена в деятельность другой без существенных изменений.
- б) Изменяемость организационной структуры компании и регламентов ее работ. В случае оптимизации рабочих процессов, изменения внешних условий и соответствующих им изменений регламентов работ понадобится модернизация системы.

Для обеспечения возможности полного выполнения проектируемой системой требуемых функций необходимо обеспечить непрерывность процесса мониторинга технологических процессов разработки «интеллектуального» месторождения, адаптации ПДГТМ на текущее состояние разработки, принятия решений при планировании ГТМ и оценке их эффективности.

Формирование функций управления предлагается осуществлять путем комбинирования задач управления и этапов жизненного цикла переработки информации (метод последовательного синтеза информационных технологий). В основе данного метода лежит последовательное формирование множества задач управления, функций переработки информации и сопоставление каждой из функций информационных и программно-технических средств их реализации. Задачи управления формируются путем сопоставления множеств этапов жизненного цикла разработки месторождений и жизненного цикла управления. Некоторые получившиеся комбинации могут быть отброшены как несущественные [8].

Схема формирования функций управления приведена на рис. 1.

Реализация системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения в соответствии с указанным принципом обеспечит адаптируемость системы к внешним изменениям, а также независимость общей ее структуры от регламентов и норм отдельных компаний при сохранении высокой степени интеграции системы в рабочие процессы управления.

2. *Принцип прозрачности.* В настоящее время разработаны и применяются различные типы датчиков измерения параметров технологических процессов разработки месторождения.

Формируемые ими данные используются для оперативного управления, оптимизации режимов работы скважин и формирования истории разработки месторождений.

При внедрении новых типов датчиков в технологические процессы добычи нефти изменяются и требования к программному обеспечению сбора, передачи, хранения и предварительной обработки информации. Возникает необходимость в изменении соответствующих компонент системы мониторинга и адаптивного управления. Для минимизации затрат в рамках актуализации подсистем сбора и хранения данных предлагается [9, 10]:

а) Использовать модульный подход при проектировании системы. Структурно система должна представлять совокупность компонент-модулей, формализованное описание которых должно содержать характеристики атрибутов и функций модуля. По возможности границы «ответственности» каждой из компонент (выполняемые компонентой функции) должны охватывать решение уз-

а) Использовать модульный подход при проектировании системы. Структурно система должна представлять совокупность компонент-модулей, формализованное описание которых должно содержать характеристики атрибутов и функций модуля. По возможности границы «ответственности» каждой из компонент (выполняемые компонентой функции) должны охватывать решение уз-

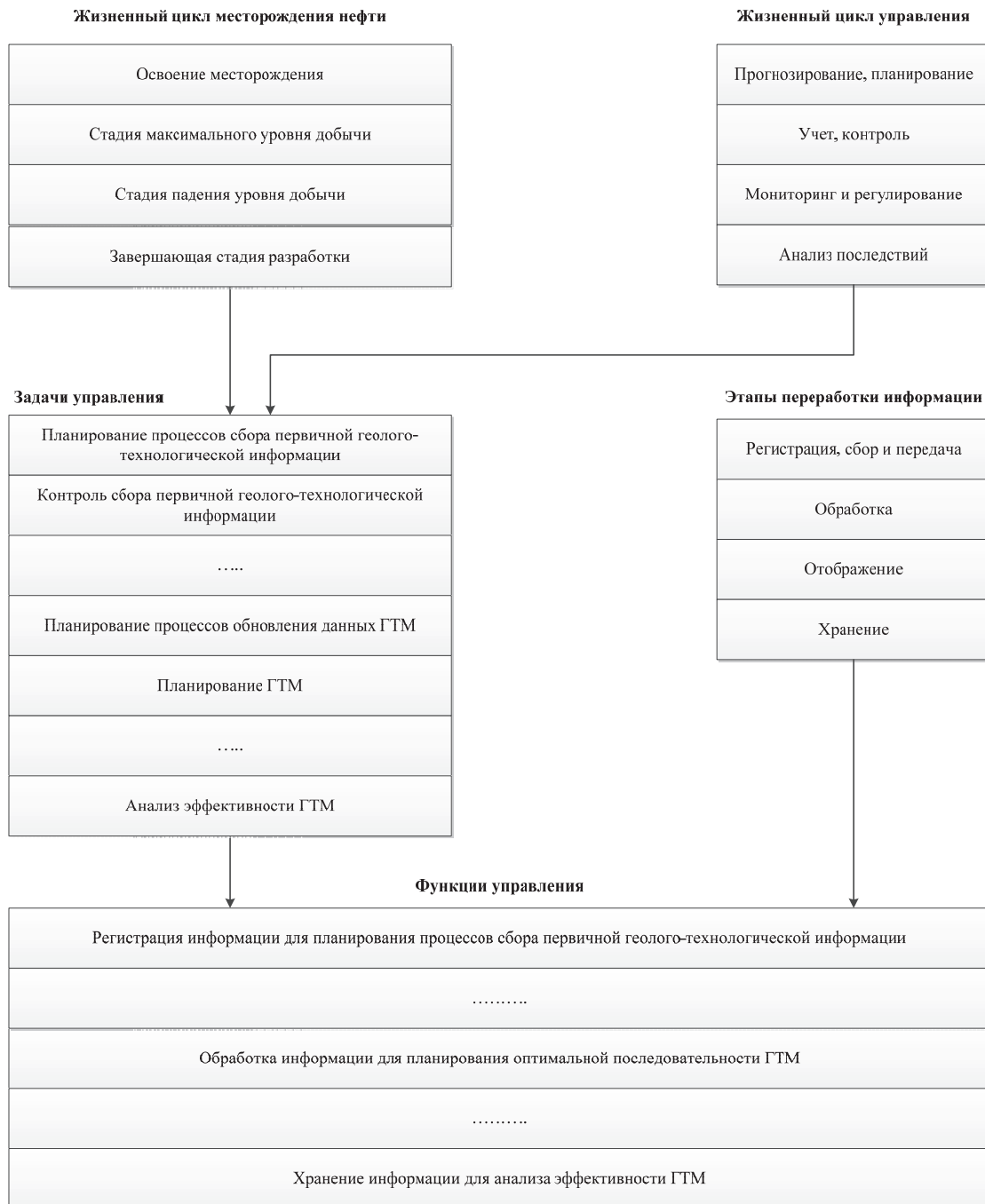


Рис. 1. Схема формирования функций управления системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения

кого круга задач для минимизации вносимых изменений.

- б) Для каждой из компонент системы разработать модель, характеризующую зависимость атрибутов. Модель должна содержать перечень атрибутов и характеристику их взаимосвязей в виде соответствующих алгоритмов и правил.

В качестве инструмента реализации указанного принципа предлагается использовать объектно-ориентированную методологию проектирования [11, 12].

3. *Принцип единого информационного пространства.* В большинстве случаев у каждого структурного подразделения, участвующего в процессах мониторинга и управления разработкой месторождения, имеются программные средства, автоматизирующие или обеспечивающие информационное сопровождение решаемых подразделением задач. Информационная целостность процессов управления обеспечивается соблюдением соответствующих регламентов оформления и предоставления данных и документов остальным участникам процесса управления разработкой.

При таком подходе выполнение задач мониторинга и управления осложняется и задерживается из-за низкой оперативности получения актуальной на текущий момент информации. Одним из решений в данном случае является использование концепции единого информационного пространства.

Единое информационное пространство представляет собой совокупность баз и банков данных,

технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам [13]. Центральной составляющей единого информационного пространства является хранилище данных (ХД), консолидирующее информацию, необходимую при решении задач управления разработкой месторождения посредством методов и процедур, направленных на извлечение информации из различных источников и обеспечивающих необходимый уровень ее информативности и качества [14].

Предлагается использовать витрины данных – локальные тематические хранилища, подключенные к консолидированному ХД и обслуживающие отдельные группы субъектов процесса управления разработкой месторождения [15]. Такой подход позволит обеспечить совместимость различных информационных компонент системы мониторинга и адаптивного управления, а также подключение новых компонент без изменения общей структуры системы с помощью соответствующего модуля импорта-экспорта.

Схема консолидации информации представлена на рис. 2.

4. *Принцип контроля целостности.* Комплексный подход к проектированию системы мониторинга и адаптивного управления требует наличия средств обеспечения логической целостности всех компонент системы. Фактически необходимо обеспечение:

- целостности данных;
- связи между компонентами и модулями системы.

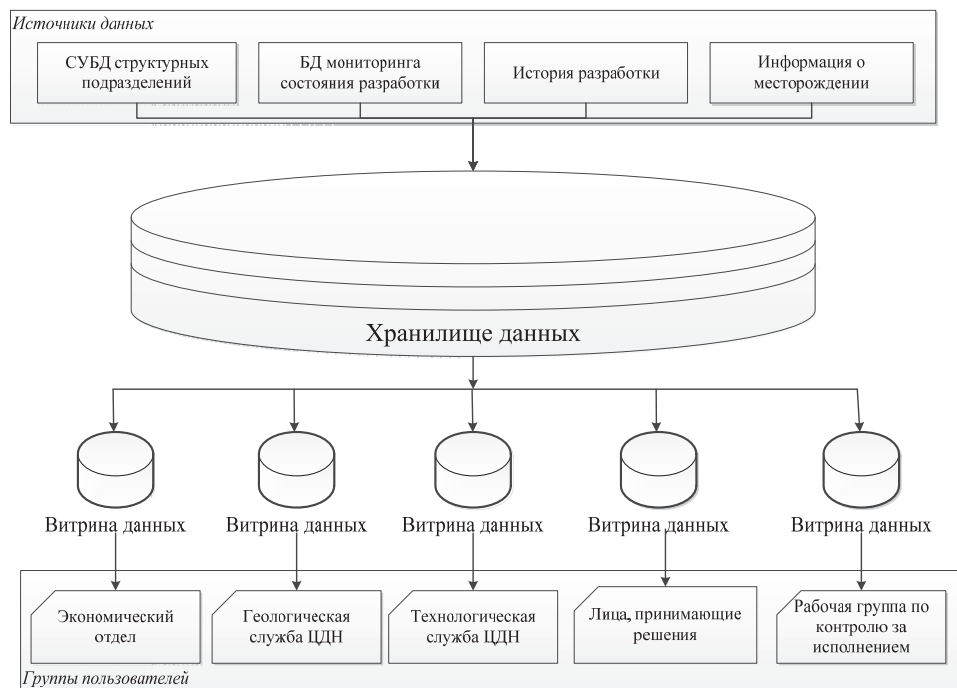


Рис. 2. Схема консолидации данных системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения

Единое консолидированное хранилище данных позволяет решить первую задачу. В качестве средства решения второй предлагается использовать подсистему мониторинга сетевой инфраструктуры и информационных систем.

Сетевая инфраструктура нефтедобывающей компании представляет собой межрегиональную мультисервисную интегрированную сеть, обеспечивающую широкий спектр услуг структурным подразделениям компании и ее дочерним предприятиям [16]. Общее количество устройств, подключенных к сетям такого вида, достигает десятков тысяч. При этом для их соединения используются практически все виды каналов передачи данных: от модемных линий и оптоволоконных до спутниковых каналов и радиорелейных линий связи.

Подобная сетевая инфраструктура формируется годами, в результате чего она представлена широкой номенклатурой сетевых устройств, их программного обеспечения и приложений. В связи с этим для обеспечения непрерывного оперативного поступления геолого-технологической информации с месторождений необходимо разработать и внедрить подсистему мониторинга сетевой инфраструктуры и информационных систем, которая должна обладать следующим набором свойств:

- использовать узкоспециализированные средства мониторинга объектов сетевой инфраструктуры в качестве базовых систем сбора информации;
- осуществлять мониторинг всех объектов сетевой инфраструктуры;
- осуществлять мониторинг функций нижних уровней;
- все данные мониторинга должны проходить через единое хранилище данных, консолидирующее представление сетевой инфраструктуры;
- мониторинг должен осуществляться в режиме реального времени (24 часа в сутки, 7 дней в неделю);
- сбор данных о состоянии сетевой инфраструктуры не должен оказывать существенного влияния на работу сети в целом.

Реализация данной подсистемы на основе предложенных принципов позволит, с одной стороны, обеспечить связь между компонентами и модулями системы мониторинга и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения, с другой стороны – обеспечит контроль за

работой отдельных компонент и их аппаратного обеспечения.

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

- а) Выбор и обоснование направлений исследований по созданию системы мониторинга технологических процессов и адаптивного управления разработкой «интеллектуального» месторождения на основе ПДГТМ.
- б) Разработаны принципы построения и общая архитектура системы мониторинга и адаптивного управления, определены ее функции, состав и структура программно-аппаратного комплекса макета системы.

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, содержащего средства телеметрии для непрерывного сбора геолого-технологической информации и ее передачи в ЦУП для принятия эффективных решений при управлении разработкой месторождения.

Результаты проведенных научно-исследовательских работ могут быть использованы при построении промышленных систем мониторинга разработки месторождений. На их основе можно проводить интегрированный мониторинг производственных процессов и управления разработкой месторождений на предприятиях нефтегазового комплекса, обучать студентов и проводить подготовку, переподготовку, тестирование и сертификацию специалистов для нефтегазовых предприятий.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование разработки нефтяных месторождений с использованием постоянно действующих геолого-технологических моделей / С.А. Жданов, М.М. Максимов, А.Я. Хавкин, Л.П. Рыбickaя, О.Т. Цыбульская, Г.Н. Гогоненков, В.И. Евстифеев, Н.Ф. Величкина, В.А. Юдин // Нефтяное хозяйство. – 1997. – № 3. – С. 43–47.
2. Кац Р.М., Каневская Р.Д. Проектирование разработки нефтяных месторождений с применением гидроразрыва пластов (ГРП) на основе современных компьютерных технологий // Повышение уровня добычи нефти на месторождениях ОАО «Ноябрьскнефтегаз» в 1998–2005 гг.: Матер. научно-техн. конф. – Ноябрьск, 1998. – Москва, ВНИИОЭНГ, 1998. – С. 300–304.
3. 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.
4. Маркелов Д.В. «Месторождение на ладони» – инновационный взгляд на перспективу интеллектуальных месторождений // Инженерная практика. – 2010. – № 9. – С. 43–46.

5. «Интеллектуальное» заканчивание: автоматизированное управление добычей / С. Дайер, Я. Эль-Хазиндар, М. Хубер, И. Ро, Д. Рид // Schlumberger. 2013. URL: [http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/2007/winter/1 %20Intelligent Completion.pdf](http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/2007/winter/1%20Intelligent%20Completion.pdf) (дата обращения: 09.02.2013).
6. Кравцов М. «Интеллектуальное» месторождение: новые возможности и новые решения // ОЗНА. 2013. URL: [http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php? SECTION_ID=&ELEMENT_ID=1414](http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php?SECTION_ID=&ELEMENT_ID=1414) (дата обращения: 09.02.2013).
7. Концепция создания отраслевого программного продукта республики Казахстан для проектирования, разработки и мониторинга геолого-технических мероприятий / Д.В. Булыгин, М.И. Курбанбаев, М.Д. Досмухамбетов, А.А. Энгельс // Дельта Ойл Проект. 2013. URL: <http://do-project.ru/docs/2011-1.pdf>, (дата обращения: 20.06.2013).
8. Силич В.А., Силич М.П. Теория систем и системный анализ. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 218 с.
9. Основные принципы проектирования ИС // Материалы по информационным технологиям. 2013. URL: <http://infdis.narod.ru/pis/pis-p4-2.htm> (дата обращения: 09.06.2013).
10. Проектирование информационных систем // Univer. 2013. URL: <http://univer-nn.ru/it/proektirovanieAIS.php> (дата обращения: 09.06.2013).
11. Применение технологии OMSD для моделирования системы планирования геолого-технических мероприятий / В.А. Силич, В.З. Ямпольский, А.О. Савельев, В.П. Комагоров, А.А. Алексеев, С.А. Гребенчиков // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 42–46.
12. Силич М.П. Информационная технология проектирования сложных социально-экономических систем на основе объектно-ориентированной методологии моделирования: дис.... д-ра техн. наук. – Томск, 2005. – 360 с.
13. Понятие единого информационного пространства // Мир Web. 2013. URL: [http://pautina34.ru/? p=192](http://pautina34.ru/?p=192) (дата обращения: 09.06.2013).
14. Консолидация данных – ключевые понятия // Корпоративный менеджмент. 2013. URL: <http://www.cfin.ru/itm/olap/cons.shtml> (дата обращения: 09.06.2013).
15. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2010. – 704 с.
16. Управление информацией // Лукойл-Информ. 2013. URL: [http://lukoil-inform.ru/main/content.asp? art_id=2964](http://lukoil-inform.ru/main/content.asp?art_id=2964) (дата обращения: 09.06.2013).

Поступила 05.09.2013 г.

UDC 004.9:622.276

PRINCIPLES OF DEVELOPING THE SYSTEM OF MONITORING AND ADAPTIVE CONTROLLING THE INTELLIGENT OIL FIELD STUDY BASED ON PERMANENT GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL MODELS

V.A. Silich, V.P. Komagorov, A.O. Savelyev

Tomsk Polytechnic University

The article discusses an approach to organization of managing the «intelligent» oil field study. The approach is based on the construction and the automated adaptation of a permanent geological and process model of oil field. The paper describes the principles of monitoring system and adaptive management of the study.

The main aim of the study is to form the fundamental principles of developing the system of monitoring and adaptive management of the «intelligent» field study on the basis of permanent geological and technological model.

The methods used in the study: the Object Model for System Design methodology, the method of successive synthesis of information technology management.

The results: The following fundamental principles of monitoring and adaptive management of the «intelligent» development field are stated: adaptability, transparency, common information space and integrity. The results can be used when designing the industrial monitoring systems of oil production current state.

Key words:

Intelligent oil field, monitoring system, decision support, information system design.

REFERENCES

1. Zhdanov S.A., Maksimov M.M., Khavkin A.Ya., Rybitskaya L.P., Tsybulskaaya O.T., Gogonenkov G.N., Evstifeev V.I., Velichkina N.F., Yudin V.A. Proektirovanie razrabotki neftyanykh mestorozhdenii s ispolzovaniem postoyanno deistvuyushchikh geologo-tehnologicheskikh modelei [Design of the development of oil fields using permanent geological and engineering models]. *Neftyanoe khozyaistvo*, 1997, 3, pp. 43–47.
2. Kats P.M., Kanevskaya R.D. Proektirovanie razrabotki neftyanykh mestorozhdenii s primeneniem gidrorazryva plastov (GRP) na osnove sovremennykh kompyuternykh tekhnologii [Design development of oil fields with the use of hydraulic fracturing based on modern computer technology]. *Povyshenie urovnya dobychi nefti na mestorozhdeniyakh OAO «Noyabrskneftegaz» v 1998–2005: Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Materials of Science and Technology Conference]. Noyabrsk, 1998. Moscow, VNIIOENG, 1998. pp. 300–304.
3. Merkureva E.A. *Analiz effektivnosti ispolzovaniya postoyanno deistvuyushchikh modelei pri proektirovanii razrabotki neftyanykh mestorozhdenii i ikh adaptatsiya k realnym geologo-promyslovym usloviyam. Dis. kand. tekhn. nauk* [Analysis of the effectiveness of permanent models in the design and development of oil fields and their adaptation to the actual geological conditions. Cand. tech. sci. diss.]. Ufa, 2008. 146 p.

4. Markelov D.V. «Mestorozhdenie na ladoni» – innovatsionnyi vzglyad na perspektivu intellektualnykh mestorozhdenii [«The field in the palm of your hand» – an innovative look at the future of intelligent field]. *Inzhenernaya praktika*, 2010, 9, pp. 43–46.
5. Daier S., El-Khazindar Ya., Khuber M., Ro I., Rid D. «Intellektualnoe» zakanchivanie: avtomatizirovanoe upravlenie dobychei [«Intelligent» Total Depth: Automated Production Management]. Schlumberger. 2013. Available at: [http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/2007/winter/1 %20Intelligent Completion.pdf](http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/2007/winter/1%20Intelligent%20Completion.pdf) (accessed 9 February 2013).
6. Kravtsov M. «Intellektualnoe» mestorozhdenie: novye vozmozhnosti i novye resheniya [«Intelligent» oilfield, new opportunities and new solutions]. OZNA. 2013. Available at: [http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php? SECTION_ID=&ELEMENT_ID=1414](http://ozna.ru/presscenter/articles/detail.php?SECTION_ID=&ELEMENT_ID=1414) (accessed 9 February 2013).
7. Bulygin D.V., Kurbanbaev M.I., Dosmukhambetov M.D., Engels A.A. *Kontseptsiya sozdaniya otraslevogo programmnoy produkta respubliki Kazakhstan dlya proektirovaniya, razrabotki i monitoringa geologo-tekhnicheskikh meropriyatii* [The concept of Republic of Kazakhstan software for the design, development and monitoring of geological engineering]. Delta Oil Proekt. 2013. Available at: <http://do-project.ru/docs/2011-1.pdf>, (accessed 20 June 2013).
8. Silich V.A., Silich M.P. *Teoriya sistem i sistemnyi analiz* [Theory of systems and systems analysis]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2010. 218 p.
9. *Osnovnye printsipy proektirovaniya IS* [The Basic principles of information system design]. Materialy po informatsionnym tekhnologiyam [Information Technology Materials]. 2013. Available at: <http://inftis.narod.ru/pis/pis-p4-2.htm> (accessed 9 February 2013).
10. *Proektirovanie informatsionnykh system* [Design of Information Systems]. Univer. 2013. Available at: <http://univer.nn.ru/it/proektirovanieAIS.php> (accessed 9 June 2013).
11. Silich V.A., Yampolskii V.Z., Savelyev A.O., Komagorov V.P., Alekseev A.A., Grebenshchikov S.A. Primenenie tekhnologii OMSD dlya modelirovaniya sistemy planirovaniya geologo-tekhnicheskikh meropriyatii [The using OMSD technology for geological engineering simulation]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2012, vol. 321, no. 5, pp. 42–46.
12. Silich M.P. *Informatsionnaya tekhnologiya proektirovaniya slozhnykh sotsialno-ekonomicheskikh sistem na osnove obektno-orientirovannoy metodologii modelirovaniya. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Information technology for design of complex socio-economic systems based on object-oriented methodology Dr. techn. sci. diss.]. Tomsk, 2005. 360 p.
13. *Ponyatie edinogo informatsionnogo prostranstva* [The concept of a common information space]. Mir Web. 2013. Available at: [http://pautina34.ru/? p=192](http://pautina34.ru/?p=192) (accessed 9 June 2013).
14. *Konsolidatsiya dannykh – klyuchevyye ponyatiya* [Key concepts of data consolidation]. Korporativnyi menedzhment. 2013. Available at L: <http://www.cfin.ru/itm/olap/cons.shtml> (accessed 9 June 2013).
15. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika: ot dannykh k znaniyam* [Business Intelligence: from data to knowledge]. Saint Petersburg, Piter, 2010. 704 p.
16. *Upravlenie informatsiey* [Information Management]. Lukoil-Inform. 2013. Available at: http://lukoil-inform.ru/main/content.asp?art_id=2964 (accessed 9 June 2013).