

Оптимизация технологии моделирования нефтегазовых месторождений на основе цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей

А. А. Захарова, В. З. Ямпольский

Томский политехнический университет, 634034, Томск, Россия

Институт "Кибернетический центр" Томского политехнического университета, 634034, Томск, Россия

Описана технология создания трехмерных цифровых моделей месторождений нефти и газа и формирования на их основе проектных и технических решений. Представлены базовые программные средства ведущих мировых вендеров, обеспечивающие указанную технологию, для оптимизации которой предлагаются дополнительные алгоритмические и программные средства.

Разработка нефтяных и газовых месторождений является сложным, трудоемким информационно- и капиталоемким процессом. Исчисляемая десятками лет продолжительность, а также эффективность разработки месторождения существенно зависят как от геологических и технологических, так и от экономических факторов и управленческих решений. Это определяет особую важность эффективного управления на всех этапах жизненного цикла месторождения (ЖЦМ), к числу которых относятся 1) поиск залежей; 2) разведка и установление основных характеристик месторождения; 3) разведка залежей путем бурения эксплуатационных скважин; 4) промышленная эксплуатация и обеспечение максимального уровня добычи; 5) ликвидация фонда скважин и последствий техногенного воздействия.

Поскольку процесс недропользования осуществляется в соответствии с лицензионным соглашением и под контролем государства, на всех этапах ЖЦМ необходимо разрабатывать и утверждать в установленном порядке детальную проектную документацию.

В силу большого объема разнородной информации о таком сложном объекте, как месторождение, а также вследствие большой длительности периода его разработки, исходную и промежуточную информацию о месторождении, инженерных и технологических решениях необходимо хранить в хорошо структурированном виде и эффективно администрировать ее как в процессе моделирования, так и в процессе обоснования и реализации решений. Этим определяется важность проблемы создания и сопровождения комплексной базы данных месторождения и информационно-технологической поддержки процессов сбора, накопления, хранения, обработки и визуализации информации о месторождении с использованием комплекса цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей на основе единой информационно-программной технологии [1, 2].

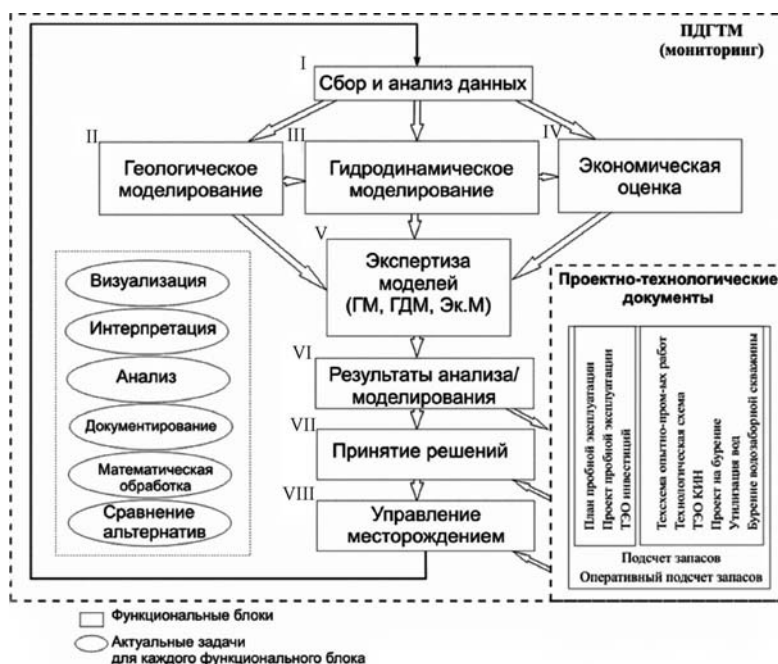


Рис. 1. Функциональная схема технологии моделирования месторождений нефти и газа

на, обработки и визуализации информации о месторождении с использованием комплекса цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей на основе единой информационно-программной технологии [1, 2].

На рис. 1 приведена функциональная схема технологии моделирования и информационно-программного обеспечения месторождения нефти и газа. Для реализации представленного на рис. 1 набора функций [1-3] в отечественной и мировой практике разработан и используется широкий набор алгоритмических и программных систем и комплексов. На рис. 2 приведен состав базовых программных систем и средств применительно к основным этапам моделирования и документирования месторождения.

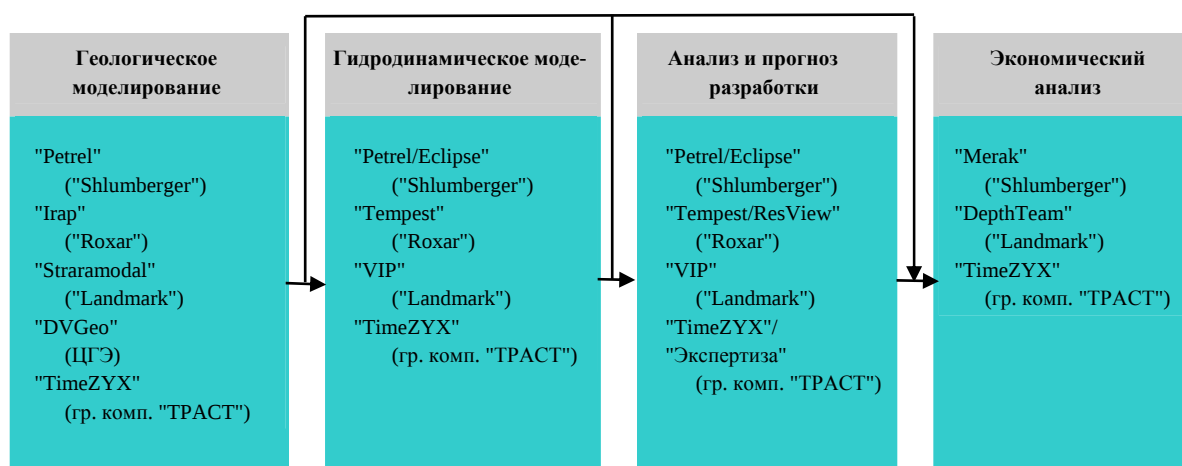


Рис. 2. Состав базовых программных средств

Результаты анализа представленных на рис. 2 технологических линеек программного обеспечения (ПО) показывают, что рынок ПО в области моделирования и сопровождения разведки и разработки месторождений нефти и газа достаточно насыщен. Поэтому при выборе систем и технологий целесообразно руководствоваться следующими критериями, позволяющими рационально подойти к данному вопросу:

- 1) надежность функционирования ПО, подтвержденная опытом работы в российских компаниях;
- 2) функциональная полнота (обеспечение всех технологических потребностей пользователя);
- 3) информационная и сервисная поддержка фирмы-производителя включая подготовку пользователей;
- 4) интеграция с дружественным ПО, возможность использования существующих лицензий ПО в технологическом процессе;
- 5) возможность импортно-экспортных операций, позволяющих использовать полученные ранее результаты (БД, геологические и гидродинамические модели), развивать их и актуализировать;
- 6) простота пользовательского интерфейса;
- 7) открытость форматов данных с целью создания дополнительного программного кода или внедрения собственных программных средств;
- 8) простота и удобство администрирования ПО;
- 9) возможность выполнения параллельных вычислений;
- 10) признание контролирующими органами и экспертными комиссиями.

Указанные критерии учитывают специфику работы не только крупных нефтегазовых компаний, их проектных отделов и институтов, но и малых компаний-недропользователей, количество которых в России в последние годы увеличивается.

Таким образом, по результатам оценки существующих технологических линеек программных продуктов в соответствии с перечисленными выше критериями можно сделать вывод, что лидером является ПО компании "Schlumberger". Высокая оценка ПО "ТРАСТ" обусловлена тем, что продукт адаптирован к российским требованиям и стандартам и разрабатывается в условиях российского рынка ПО. Недостатком данного ПО является то, что в апробации он находится малый период времени, а, как известно, каждый программный продукт, особенно большой и сложный, должен проходить длительную и тщательную апробацию и тестирование для выявления тупиков и сбоев в работе [1, 2].

Как отмечено выше, процесс моделирования месторождений нефти и газа и разработка проектных документов – это трудоемкий итерационный процесс, в котором используются различные модули и блоки рассмотренного ПО, а также ряд вспомогательных программных систем и технологий (геоинформационных, САД-систем, графических и текстовых редакторов и т. д.). В каждой компании, использующей моделирование, осваивается, поддерживается и развивается или адаптируется собственная линия программных продуктов и технологий. Состав такого рода технологических линеек определяется рядом объективных и субъективных факторов – от финансового благосостояния компании до личных предпочтений и опыта сотрудников. Ряд проектных организаций разрабатывает собственное программное обеспечение с целью оптимизации отдельных этапов процесса моделирования, автоматизации ввода и хранения данных, анализа информации и т. п. Такого рода авторское программное обеспечение может встраиваться в среду базовых систем оригинальными программными модулями.

Несмотря на широкое распространение перечисленных базовых и вспомогательных программных средств в проектных институтах и промышленных компаниях, следует отметить, что ряд из них не в полной мере соответствует основным системотехническим требованиям, таким как модульность, мобильность, многоальтернативность, многозадачность, многокритериальность, а также точность и обоснованность результатов моделирования.

Анализ алгоритмических, программных и информационных средств, а также опыта их практического применения для построения цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей месторождений позволяет сформулировать следующие основные направления развития технологии моделирования месторождений углеводородного сырья.

1. Автоматизация и оптимизация существующих программных решений с целью ускорения выполнения рутинных операций в процессе сбора, анализа исходной геолого-технологической информации, а также при создании трехмерных цифровых геологических и гидродинамических моделей месторождений нефти и газа.
2. Дополнение существующих программно-технологических линеек с целью расширения их функциональных или оптимизации технических характеристик.
3. Развитие алгоритмических и программных средств статистического и пространственного анализа для принятия экспертных решений и повышения качества моделирования и проектирования.
4. Разработка алгоритмических и программных мобильных информационных систем и технологий для создания рабочих мест в "полевых" условиях.
5. Развитие средств для повышения качества и скорости создания картографической информации, в том числе в рамках проектной документации.
6. Создание выюверов, позволяющих осуществлять оперативный просмотр геолого-технологической документации, в том числе обладающих мобильными качествами.
7. Автоматизация процесса создания отчетной документации в соответствии с государственными регламентами и стандартами.

На приведенной на рис. 3 схеме показаны этапы проектирования и моделирования, согласующиеся с основными этапами ЖЦМ и данными, которыми оперируют специалисты на каждом из этапов, а также форматы, в которых эти данные передаются из системы в систему, между недропользователями и проектировщиками, а также от одного ПО к другому. На рис. 3 видно, что спектр и объем данных достаточно велики и

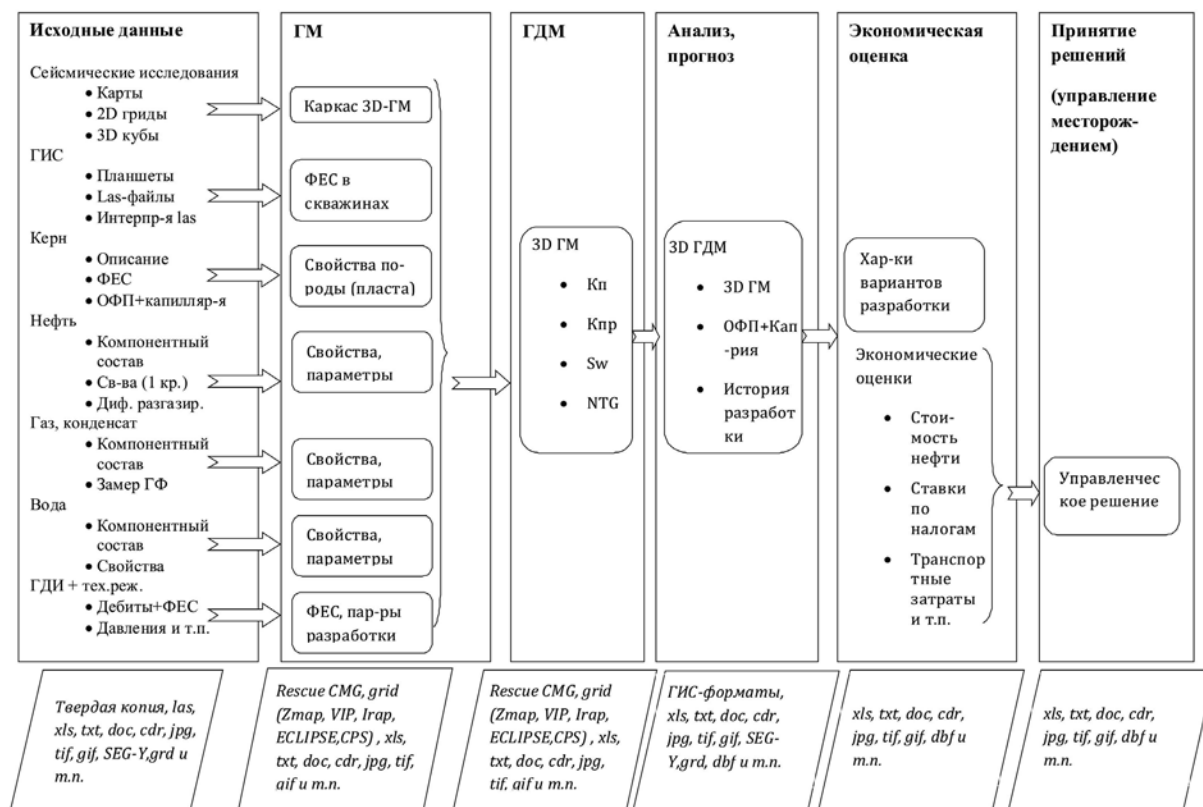


Рис. 3. Схема обмена форматами данных на этапах моделирования в процессе проектирования

что пользователями являются различные по уровню технического и информационного обеспечения организации и компании. Более того, часть данных подготавливается в специализированных пакетах и модулях, поэтому для конвертирования, импорт-экспортных операций и анализа возможно использование ряда вспомогательных средств, не являющихся дорогостоящими, доступных для отдельных пользователей систем, которые легко интегрируются в базовые технологические линейки ПО.

На рис. 4 представлены программные средства, которыми предлагается дополнить базовую технологию моделирования. Таким вспомогательным ПО являются как специализированное ПО общего назначения (например, геоинформационные системы), так и авторские программные разработки компаний и организаций.

Таким образом, для полнофункционального обеспечения технологии моделирования месторождений нефти и газа в соответствии с перечисленными критериями, требованиями и задачами предлагается использовать комплекс базовых программных средств, прошедших апробацию в России, рекомендованных государственными контролирующими органами для выполнения проектной документации и дополненных комплексом оригинальных алгоритмических и программных средств, разработанных в лаборатории моделирования месторождений нефти и газа Института "Кибернетический центр" Томского политехнического университета. Примером такого средства является ПО "GMUpscale". В процессе проектирования последовательно осуществляются геологическое (ГМ), гидродинамическое моделирование (ГДМ) и формирование проектных документов. При этом вследствие больших объемов данных ГМ при переходе от ГМ к ГДМ осуществляется ремасштабирование, или так называемый апскейлинг – объединение ячеек модели с целью закругления и снижения размерности модели, что оказывает существенное влияние на результаты ГДМ и получаемые прогнозные показатели разработки месторождений [4].

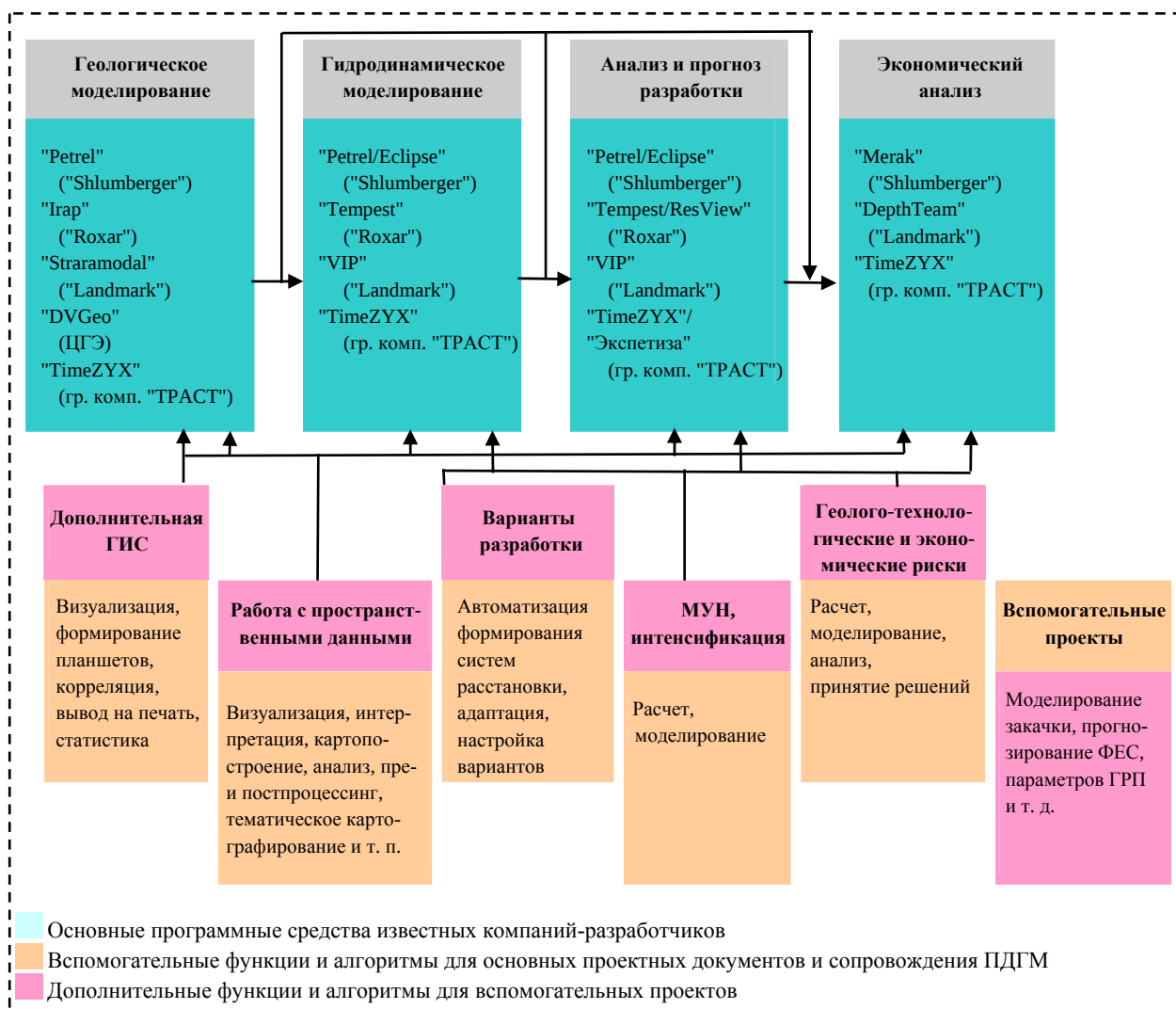


Рис. 4. Схема взаимодействия программных средств и оптимизирующих технологию модулей

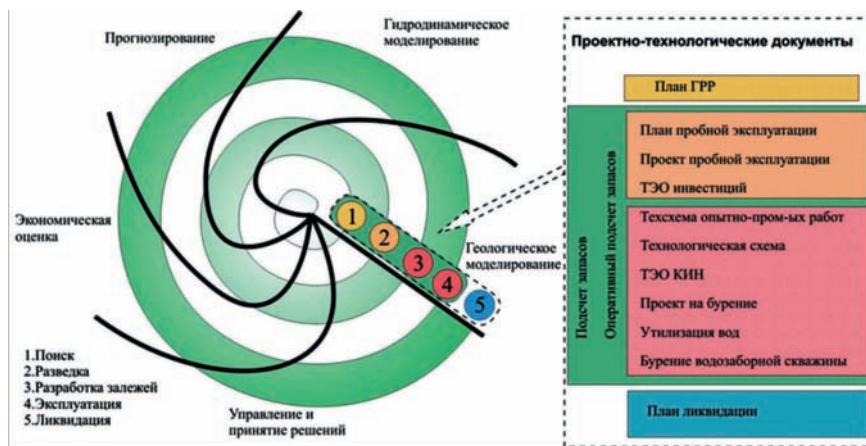


Рис. 5. Связь проектно-технологических решений, стадий ЖЦМ и этапов моделирования

В основу ПО "GMUpscale", разработанного для обеспечения точности заглубления исходной геологической модели и ускорения процесса выбора отдельных участков для осреднения, положен алгоритм, основанный на комбинированном применении методов средневзвешенных характеристик фильтрационно-емкостных свойств пласта в сочетании с корреляцией соседних геологических слоев [4]. ПО "GMUpscale" является универсальным продуктом, так как

может использоваться с различными программными средствами для гидродинамического моделирования, представленными на российском и зарубежном рынках, к которым прежде всего относятся "Eclipse", "Roxar", "TimeZYX".

Как отмечено выше, ЖЦМ включает пять основных этапов, на каждом из которых последовательно осуществляются (рис. 5) геологическое моделирование; гидродинамическое моделирование; прогнозирование геолого-технологических показателей; экономическая оценка стоимости и рентабельности разработки; управление и принятие решений. При этом на каждом этапе создается, как правило итерационно, ряд проектных документов. Например, подсчет запасов неоднократно осуществляется по результатам уточнения геологического строения продуктивных пластов в результате бурения новых скважин и их исследования, что влечет дополнения и изменения проектов разработки.

На рис. 5 представлена взаимосвязь проектной геолого-технологической документации и стадий ЖЦМ. Так, на стадии поиска разрабатывается план геолого-разведочных работ, на стадии разведки – план, проект пробной эксплуатации и технико-экономическое обоснование инвестиций и т. д. (см. рис. 5). При этом на всех этапах, от геологического моделирования до управления и принятия решений, объемы работ соответствуют размерам сегментов спирали. Иными словами, чем более поздней является стадия ЖЦМ, тем больше объем накопленной геолого-технологической информации, а также роль экономической оценки и ответственность за управленческие решения.

Таким образом, оптимизация технологии моделирования за счет создания и внедрения алгоритмических и программных средств позволяет значительно сократить временные затраты на проектирование, повысить качество и достоверность 3D-моделей и на их основе увеличить эффективность разработки нефтегазовых месторождений.

Список литературы

1. ЗАХАРОВА А. А., ИВАНОВ М. А. Оптимизация процесса цифрового 3D-моделирования месторождений нефти и газа // Изв. Том. политехн. ун-та. 2008. Т. 312, № 5. С. 119–125.
2. ЯМПОЛЬСКИЙ В. З., ЗАХАРОВА А. А., ИВАНОВ М. А., ЧЕРНОВА О. С. Анализ программного обеспечения для трехмерного моделирования и оптимизации разработки месторождений нефти и газа // Изв. Том. политехн. ун-та. 2006. Т. 309, № 7. С. 50–55.
3. ФЕДОРОВ Б. А., ОСТАНКОВА О. С., ЧЕРНОВА О. С., ЗАХАРОВА А. А. Применение седиментологических моделей при проектировании разработки Широкого месторождения // Нефтяное хозяйство. 2006. № 8. С. 58–62.
4. ЗАХАРОВА А. А. Минимизация размерности трехмерных моделей нефтегазовых месторождений // Изв. Том. политехн. ун-та. 2006. Т. 309, № 7. С. 57–59.

Алена Александровна Захарова – канд. техн. наук,
зав. лаб. Ин-та "Кибернетический центр" Томского политехн. ун-та;
e-mail: Alen@cc.tpu.edu.ru; тел. (3822) 420-698

Владимир Захарович Ямпольский – д-р техн. наук, проф.,
науч. руководитель Ин-та "Кибернетический центр" Томского политехн. ун-та;
e-mail: cc@cc.tpu.edu.ru; тел. (3822) 420-479