

Опыт интегрированного подхода при геологическом моделировании нефтяных месторождений

К.В. Андреев¹, Д.В. Крашаков¹, В.Д. Шмаков¹

¹Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть»
в г. Волгограде

Адрес для связи: Dmitry.Krashakov@lukoil.com

Ключевые слова: геологическая модель месторождения, интегрированный подход, эксплуатационное бурение, промыслово-геофизические исследования, геологические риски

Качественная и детальная геологическая модель позволяет повысить надежность и адекватность прогнозных расчетов показателей разработки, а вместе с тем наиболее полно и достоверно определить недостатки системы разработки, принять обоснованные решения по ее усовершенствованию. В рамках геологического мониторинга была поставлена задача повышения эффективности разведочного и эксплуатационного бурения. Основными направлениями работы являлись интерпретация материалов геофизических исследований новых скважин на основе существующих петрофизических моделей; построение или актуализация цифровых трехмерных геологических моделей залежей; уточнение представлений о геологическом строении объектов по результатам бурения новых скважин, сейсмических и других исследований; оценка геологических рисков.

В статье в рамках интегрированного подхода на основе данных разведочного и эксплуатационного бурения и сейсморазведочных работ представлены результаты мониторинга геологических моделей месторождений. На примере месторождений Самарской и Волгоградской областей, а также Республики Татарстан показана эффективность предложенного подхода, который позволяет оперативно принимать решения о корректировке разведочного и эксплуатационного бурения, учитывать и оценивать геологические риски и неопределенность строения геологических объектов, а также повышать охват месторождений актуальными геологическими моделями.

Integrated approach experience in oilfield geological modeling

K.V. Andreev¹, D.V. Krashakov¹, V.D. Shmakov¹

¹VolgogradNIPImorneft Branch of LUKOIL Engineering LLC in Volgograd,
RF, Volgograd

E-mail: Dmitry.Krashakov@lukoil.com

Keywords: oilfield geological model, integrated approach, operating drilling, production logging test, geological risks

Qualitative and detailed geological model allows to increase reliability and accuracy of development indicators calculations, and at the same time to determine fully and reliably the shortcomings of the development system, to make reasonable decisions on its improvement. The following goal has been set as part of geological monitoring: to improve the exploration and operating drilling efficiency. The main objectives of the study were interpretation of new wells logging data based on existing petrophysical models; building or updating digital three-dimensional geological models of deposits; clarifying the conception of objects geological structure according to the results of new wells drilling, seismic and other studies; geological risk assessment.

In this study, as a part of an integrated approach, on the basis of exploration and production drilling, as well as seismic exploration data, geological model monitoring of mineral resources user fields is presented. By the example of deposits, located in Samara and Volgograd regions, as well as in the Republic of Tatarstan, it is shown the effectiveness of this approach, which allows you to make prompt decisions on adjusting exploration and operating drilling, to take into account and assess geological risks and the uncertainty of geological objects structure, as well as to increase the coverage of relevant geological models of deposits for user of mineral resources.

Построение геологической модели выполняется в целях изучения и уточнения геологического строения месторождения, более детального анализа и оценки текущего состояния разработки. Качественная и детальная геологическая модель позволяет повысить надежность расчетов прогнозных показателей разработки, и вместе с тем наиболее полно и достоверно определить недостатки системы разработки, принять обоснованные решения по ее усовершенствованию. Результаты мониторинга геологических моделей месторождений одновременно с бурением новых скважин, проведением геолого-технических мероприятий на существующем эксплуатационном фонде показывает, что процесс построения и сопровождения геологической модели должен осуществляться на всех этапах эксплуатации месторождения.

В данной статье рассмотрены реализация интегрированного подхода при геологическом моделировании и использование геологических моделей в качестве инструмента повышения эффективности принятия оперативных решений, учета геологических рисков и обеспечения проектантов актуальной геологической основой.

Целью работы являлось повышение эффективности разведочного и эксплуатационного бурения. Основные задачи заключались в интерпретации материалов

геофизических исследований новых скважин на основе существующих петрофизических моделей; построении или актуализации цифровых трехмерных геологических моделей залежей; уточнении представлений о геологическом строении объектов по результатам бурения новых скважин, сейсмических и других исследований; оценке геологических рисков.

В рамках интегрированного подхода по результатам эксплуатационного бурения и сейсморазведочных работ проведен мониторинг почти 200 визуализаций геологических моделей месторождений компании «ЛУКОЙЛ». Укрупненная принципиальная схема реализации одной из итераций процесса приведена на рис. 1.

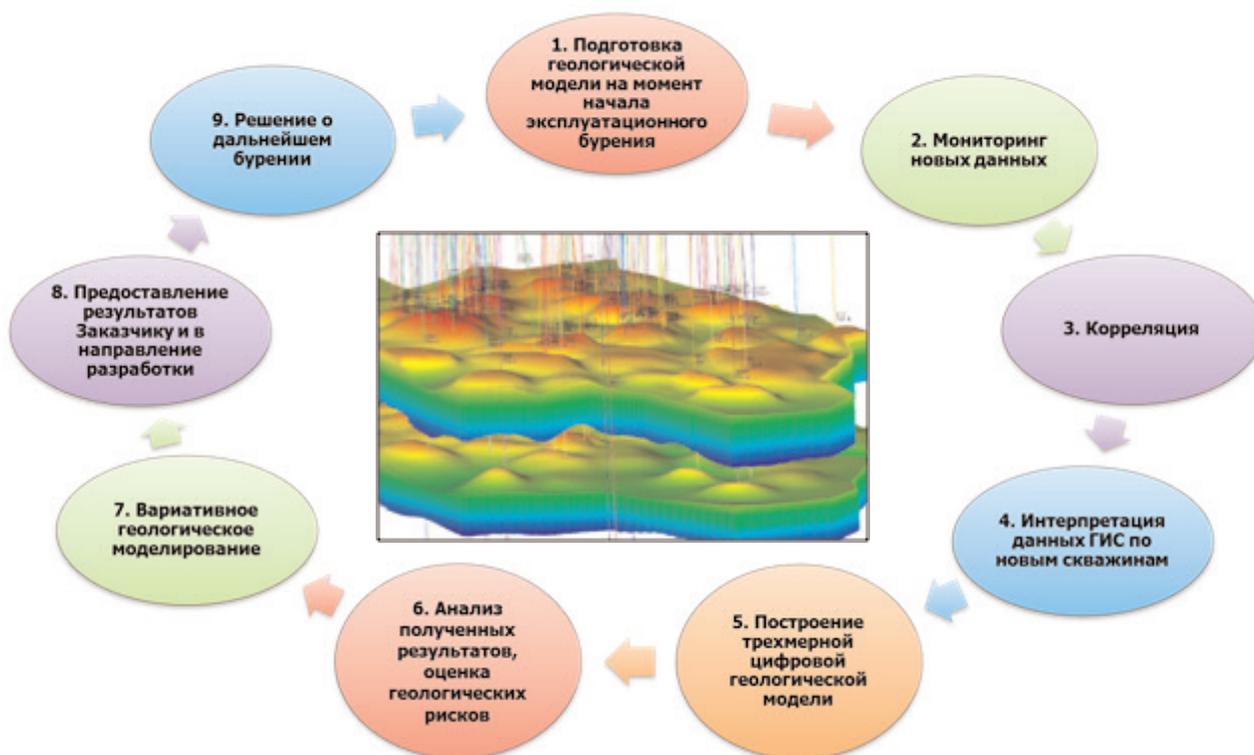


Рис 1. Принципиальная схема реализации одной из итераций процесса мониторинга

За каждым месторождением закреплен ответственный исполнитель, в обязанности которого входят систематический мониторинг получения новых геолого-геофизических данных, выполнение корреляции и передача информации для интерпретации материалов геофизических исследований скважин на утвержденной петрофизической основе. После этого ответственный исполнитель вносит все данные в базу моделирования, что позволяет согласовать и проанализировать весь массив новой информации, выполнить необходимые корректировки и оценить геологические риски. На следующем этапе геологическая модель передается заказчику и специалистам по разработке для построения гидродинамической модели и принятия оперативных технологических решений.

Для мониторинга трехмерных цифровых геологических моделей использован программный пакет IRAP RMS ROXAR. Комплекс работ, охватывающий весь методико-технологический цикл построения геологических моделей, реализован в соответствии с действующим регламентом РД 153-39.0-047-00 и «Методическими указаниями по построению постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газовых месторождений» («Часть 1. Геологические модели»).

Геологическая модель создается для оценки запасов и геологического строения месторождений в рамках промышленных и оперативных подсчетов запасов, проектных документов и геологического мониторинга, который необходим для целей геолого-разведочных работ и эксплуатационного бурения.

В рамках интегрированного подхода сформированы рабочие команды в составе сейсмика, геофизика, геолога, моделиста и разработчика (рис. 2).



Рис. 2. Схема работы команды специалистов в рамках реализации интегрированного подхода

Корректировка эксплуатационного бурения

Наиболее интересными примерами использования результатов мониторинга для корректировки эксплуатационного бурения являются два месторождения, расположенные в Самарской и Волгоградской областях.

1. Месторождение в Самарской области

На месторождении установлена промышленная нефтеносность карбонатных пластов фаменского и турнейского ярусов. Запасы подсчитаны в 2014 г. по одной поисковой скв. 3. Дальнейшие планы бурения предполагали размещение на ме-

сторождении восьми новых скважин на залежь фаменского яруса с переводом части из них после отработки на залежь турнейского яруса.

В процессе бурения скв. 4 подтвердила проектную кровлю и эффективную нефтенасыщенную толщину залежи в фаменском ярусе. При бурении в турнейских отложениях скв. 4 вскрыла кровлю продуктивного пласта на 20 м выше проектной отметки, а эффективная нефтенасыщенная толщина оказалась больше проектной на 5 м.

Скв. 5, пробуренная западнее поисковой скв. 3, «провалилась» на 85 м, оказавшись фактически на краю продуктивной части залежи. При этом турнейская кровля подтвердилась, но эффективные нефтенасыщенные толщины, вскрытые скважиной, были меньше проектных на 7 м.

В рамках интегрированного подхода потребовались создание принципиально новой геологической модели, пересмотр сейсмической основы, уточнение границ распространения фаменской карбонатной постройки, и корректировка планов бурения скв. 10. Бурение скв. 10 с учетом сделанных корректировок подтвердило смоделированные геологические условия залегания объектов (рис. 3).

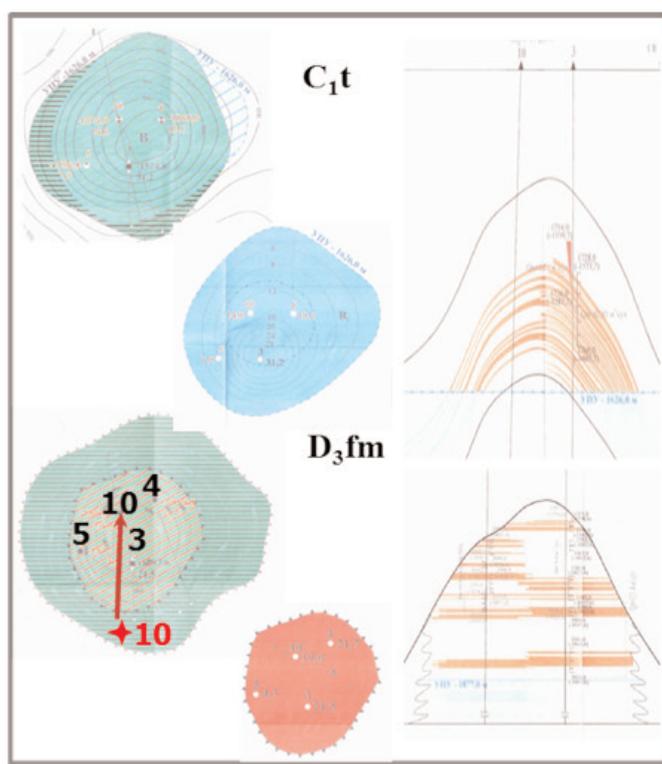


Рис. 3. Корректировка планов и результаты бурения скв. 10

Принципиально новая модель, отражающая геологические особенности строения рифа и выполаживание структуры вверх по разрезу, успешно защищена в Государственной комиссии по запасам. В результате принято решение об отказе от бурения запланированных эксплуатационных скважин.

2. Месторождение в Волгоградской области

В 2013 г. в сводовой части антиклинального поднятия пробурена первая поисковая скв. 5. Промышленная нефтеносность установлена в рифогенных отложениях ардатовского горизонта (D_2ar) живецкого яруса и открыто месторождение. В 2014 г. выполнен подсчет запасов. В соответствии с принятым проектным документом на месторождении запланировано размещение семи новых скважин (рис. 4). В результате бурения в 2015-2017 гг. скв. 3, 7 и 9 существенно изменилось представление о геологическом строении рифа. Его площадь и запасы сократились более чем в 2 раза. С учетом построенной новой геологической модели было принято решение об отказе от бурения скв. 1, 2, 4, 10 (рис. 5).

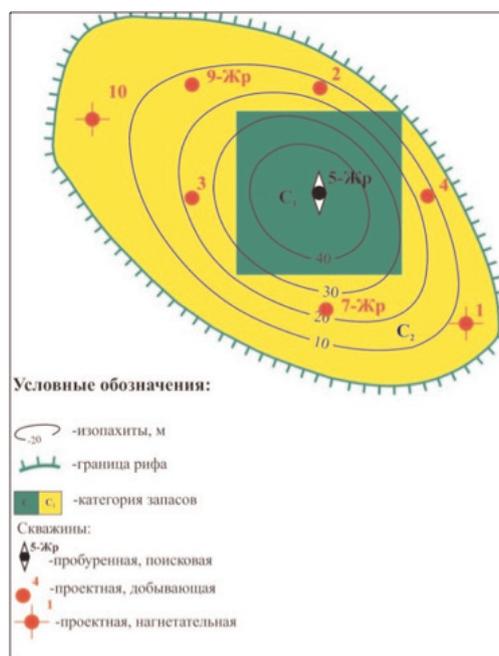


Рис. 4. Схема размещения проектных скважин на месторождении (2014 г.)

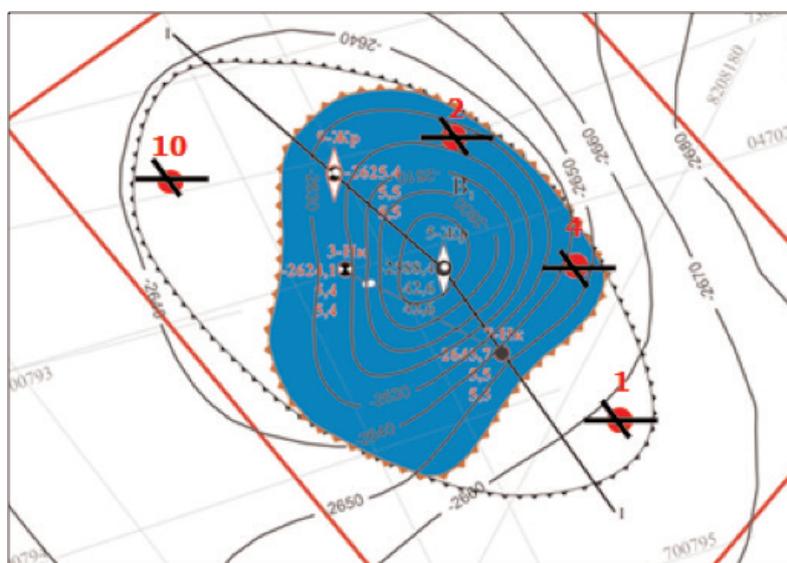


Рис. 5. Корректировка планов и результаты бурения скв. 3, 7, 9

Оценка геологических рисков

Геологическое моделирование позволяет оценивать и учитывать геологические риски. Рассмотрим пример двух месторождений, расположенных в Республике Татарстан.

Первое месторождение состоит из трех поднятий, одно из которых находится в эксплуатации. Последнее расположено в водоохранной зоне Нижнекамского водохранилища, жилой зоне Набережных Челнов и зоне национального парка «Нижняя Кама». В связи с ограничениями по размещению скважин выполнен учет результатов корреляционного магнитотеллурического зондирования (КМТЗ) и гелиевой съемки с целью минимизации возможных геологических рисков и выбора оптимальных точек входа в пласт. С учетом результатов дополнительных исследований далее принимались решения о целесообразности дальнейших работ на рассматриваемом поднятии.

Второе месторождение открыто в середине 50-х годов XX века, в 1986 г. законсервировано в связи с затоплением его территории Нижнекамским водохранилищем. В 2007 г. после расконсервации первоочередных скважин началась доразработка месторождения. В настоящее время эксплуатация ведется с искусственных островов. По данным переинтерпретации данных сейсморазведочных работ в северо-западном направлении от месторождения выделена перспективная структура, которая морфологически более выражена, чем месторождение. С учетом экологических аспектов (водоохранная зона) и высокой стоимости возможного бурения скважин (длина скважины – около 6 км) выполнена оценка геологических рисков для выбора оптимального варианта вскрытия продуктивного пласта. В первом варианте использована переинтерпретированная структурная сейсмическая основа, во втором – учтена геологическая неопределенность существования северо-западного структурного носа. Третий вариант учитывал геологическую неопределенность сейсмических структурных построений в северо-западном направлении от разбуренной части согласно паспорту качества (рис. 6). Выполненные работы по оценке геологических рисков использовались при подготовке и обосновании программы геолого-разведочных работ.

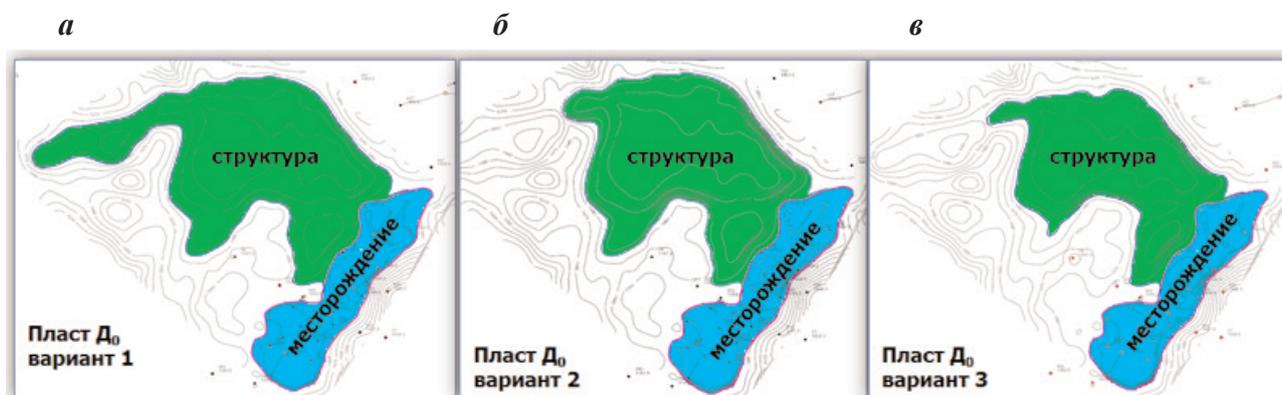


Рис. 6. Варианты 1 (а), 2 (б) и 3 (в), рассмотренные при оценке геологических рисков на перспективной структуре

Выводы

1. Современные программные комплексы для геологического моделирования позволяют решать широкий спектр практических задач, учитывать и обобщать полный набор разнородной исходной геолого-геофизической и промысловой информации.

2. Реализация интегрированного подхода позволяет оперативно принимать решения о корректировке разведочного и эксплуатационного бурения, учитывать и оценивать геологические риски и неопределенность строения геологических объектов, а также повышать охват месторождений актуальными геологическими моделями.