



Марсел Р.ВАЛИЕВ,
АО «O'ZLITINEFTGAZ», Toshkent, O'zbekiston
E-mail: marseille.france37@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6648-6555

Рецензент профессор, д.т.н Р.Лу

ПОСТРОЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЧКЫР С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы построения трехмерной цифровой геологической модели нефтегазоконденсатного месторождения Учкыр, расположенного в Республике Узбекистан и находящегося на поздней стадии разработки. Работа выполнена с использованием программного комплекса Petrel на основе интеграции разнородных геолого-геофизических данных, включая координаты и инклинометрию 123 скважин, результаты интерпретации геолого-геофизических данных, данные сейсморазведки и архивные карты 2D-моделирования. При распределении фильтрационно-емкостных свойств применялись методы стохастического моделирования. Впервые для данного месторождения создана полномасштабная 3D-модель, охватывающая продуктивные горизонты юрского и мелового возраста. В ходе исследования уточнены границы стратиграфического выклинивания и литологического замещения пластов, что позволило выявить причины сокращения площади газоносности в северо-восточной и юго-восточной частях структуры. Полученная модель служит инструментом для минимизации геологических рисков при планировании новых скважин и является основой для дальнейшего гидродинамического моделирования и пересчета запасов УВ.

Ключевые слова: месторождение, трехмерное геологическое моделирование, стратиграфическое выклинивание, фильтрационно-емкостные свойства, литологическая неоднородность, юрские и меловые отложения.

CONSTRUCTION OF A THREE-DIMENSIONAL GEOLOGICAL MODEL OF THE UCHKYR OIL AND GAS CONDENSATE FIELD, TAKING INTO ACCOUNT THE FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE

Annotation

The article discusses the construction of a three-dimensional digital geological model of the Uchkыр oil and gas condensate field located in the Republic of Uzbekistan and at a late stage of development. The work was performed using the Petrel software package based on the integration of heterogeneous geological and geophysical data, including coordinates and inclinometry of 123 wells, results of interpretation of geological and geophysical data, seismic survey data and archival 2D modeling maps. Stochastic modeling methods were used in the distribution of filtration and capacitance properties. For the first time, a full-scale 3D model covering the productive horizons of the Jurassic and Cretaceous age has been created for this deposit. During the study, the boundaries of stratigraphic wedging and lithological replacement of strata were clarified, which made it possible to identify the reasons for the reduction in the area of gas content in the northeastern and southeastern parts of the structure. The resulting model serves as a tool for minimizing geological risks when planning new wells and is the basis for further hydrodynamic modeling and recalculation of hydrocarbon reserves.

Keywords: field, three-dimensional geological modeling, stratigraphic wedging, filtration-capacitance properties, lithological heterogeneity, Jurassic and Cretaceous deposits.

GEOLOGIK TUZILISH XUSUSIYATLARINI HISOBGA OLGAN HOLDA UCHQIR NEFT-GAZ-KONDENSAT KONINING UCH O'LCHAMLI GEOLOGIK MODELINI YARATISH

Annotatsiya

Filtratsiya-sig'im xususiyatlarini taqsimlashda stoxastik modellash usullari qo'llanildi. Ushbu kon uchun ilk bor yura va bo'r davrining samarali qatlamlarini qamrab olgan to'liq ko'lamli 3D-model yaratildi. etrel dasturiy majmuasi yordamida turli xil geologik-geofizik ma'lumotlarni, jumladan, 123 ta quduqning koordinatalari va inklinometriyasini, geologik-geofizik ma'lumotlarni talqin qilish natijalari, seysmorazvedka ma'lumotlarini va 2D-modellash arxiv xaritalarini integratsiyalash asosida bajarildi. Filtratsiya-sig'im xususiyatlarini taqsimlashda stoxastik modellash usullari qo'llanildi. Ushbu kon uchun ilk bor yura va bo'r davrining samarali qatlamlarini qamrab olgan to'liq ko'lamli 3D-model yaratildi. Tadqiqot davomida stratigrafik yo'qolish va qatlamlarning litologik almashinish chegaralari aniqlanib, bu strukturaning shimoli-sharqiy va janubi-sharqiy qismlarida gazli maydon qisqarishining sabablarini aniqlash imkonini berdi. Olingan model yangi quduqlarni rejalashtirishda geologik xavflarni minimallashtirish vositasi bo'lib xizmat qiladi va keyingi gidrodinamik modellash hamda uglevodorod zaxiralarini qayta hisoblash uchun asos hisoblanadi.

Kalit so'zlar: kon, uch o'lchamli geologik modellash, stratigrafik yo'qolish, filtratsiya-sig'im xususiyatlari, litologik bir jinslilik, yura va bo'r yotqiziqlari.

Введение. На современном этапе развития нефтегазовой отрасли Республики Узбекистан приоритетной задачей является оптимизация выработки запасов разрабатываемых месторождений. Одним из таких месторождений является нефтегазоконденсатное месторождение Учкыр, введенное в разработку в 1970-х годах, которое характеризуется сложным геологическим строением продуктивных горизонтов юрского и мелового возраста, выраженной литолого-фациальной изменчивостью и неоднозначностью структурных построений. На поздней стадии эксплуатации возрастает

роль геологических неопределенностей, связанных с литолого-фациальной неоднородностью, сложным тектоническим строением и вариативностью фильтрационно-ёмкостных свойств. Указанные особенности обуславливают необходимость применения трехмерного геологического моделирования для минимизации погрешностей, возникающих при традиционном 2D-картировании, и обеспечения точности распространения фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) в межскважинном пространстве.

Обзор литературы. Цифровые геологические модели, формируемые с использованием современных вычислительных машин, стали одними из традиционных инструментов решения геолого-технологических задач. В рамках программы «Цифровой Узбекистан 2030» Указом Президента Республики Узбекистан утверждена стратегия цифровизации месторождений УВ, на основе которой выполнено построение трехмерной геологической модели месторождения [1].

Внедрение трехмерного геологического моделирования как основного инструмента интеграции разнородных геолого-геофизических данных позволяет не только наглядно представить геологическое строение месторождений, но и служит основой для подсчёта запасов, гидродинамического моделирования и планирования дальнейшей разработки месторождений.

Особое значение трехмерное моделирование приобретает на поздней стадии разработки месторождений, когда увеличивается роль геологических неопределённости, связанных с неоднородностью коллекторов, сложным тектоническим строением и ограниченностью новых данных бурения.

Методология исследования. Нефтегазоконденсатное месторождение Учкыр открыто в 1960 г. по результатам бурения скважины № 2 и имеет сложное геологическое строение, где выделяются продуктивные XII, XIV-1, XIV-1a, XIV-2, XV-1, XV-2 и XVI горизонты. Юрские отложения представлены XVI, XV-2, XV-1 горизонтами, которые сложены преимущественно карбонатными породами, в частности известняками. В карбонатных породах наряду с гранулярной пористостью отмечаются различные по форме каверны и трещины, имеющие большое значение в насыщении и отдаче газа и нефти. Меловые отложения представлены XIV-2, XIV-1a, XIV-1 и XII горизонтами, которые сложены терригенными породами (песчаники, алевролиты и глины) и характеризуются значительной латеральной изменчивостью литологического состава [2-5]. На сегодняшний день на месторождении пробурено 123 скважины, в результате чего накоплен значительный объём геолого-геофизической информации, который в свою очередь был использован при построении трехмерной геологической модели.

В административном отношении нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) Учкыр входит в состав Рометанского района, Бухарской области Республики Узбекистан, в тектоническом – в северо-западной части Учкыр-Кимерекского вала Чарджоуской ступени [2-5].

Месторождение Учкыр представлено трехкупольным антиклинальным строением. Структура осложнена стратиграфическим размывом, в результате чего продуктивные XIV-1a, XIV-2 и XV-1 горизонты выклиниваются, что оказывает существенное влияние на распределение коллекторов [2]. В целях определения пространственных границ стратиграфического размыва был выполнен анализ имеющейся геолого-геофизической информации месторождения, включающей в себя данные ГИС по всему фонду скважин, архивные материалы сейсморазведочных работ, а также карты 2D-моделирования, послужившие основой для подсчета запасов углеводородов 1965 года. На основе интегрированной базы данных было выполнено построение трехмерного геологического моделирования месторождения Учкыр, позволившее определить морфологию зоны размыва. Полученная модель направлена на минимизацию геологических рисков при проектировании точек заложения новых скважин и получении наилучших результатов при испытании скважин.

Построение 3D геологической модели месторождения выполнялось с использованием программного продукта Petrel [6-8]. Достоверность и информативность трёхмерной геологической модели в значительной степени определяются качеством и полнотой исходных данных. При построении цифровой геологической модели месторождения Учкыр были использованы следующие данные: координаты, альтитуды и инклинометрии скважин; данные стратиграфических границ пластов; результаты обработки материалов ГИС; результаты испытаний продуктивных интервалов; подсчетные параметры, принятые как при подсчете запасов [2]; структурные карты по продуктивным горизонтам; данные о газоводяных, газонефтяном и водонефтяном контактах.

Процесс построения цифровой трехмерной геологической модели включает следующие этапы: 1) сбор данных и контроль качества; 2) загрузка, привязка и оцифровка структурных карт; 3) загрузка координат, альтитуд и инклинометрии скважин; 4) построение трехмерной геологической сетки 5) создание структурной модели; 6) создание литологической модели; 7) создание модели ФЕС; 8) ввод подсчетных параметров залежи; 9) оценка запасов [6-10].

Построение структурной поверхности было начато с создания сетки геологической модели, при которой были учтены все особенности строения месторождения Учкыр. Так как на размерность ячеек по горизонтали влияет плотность сетки скважин, то она принималась общей для всей модели.

Горизонтальный размер ячеек подбирался так, чтобы между забоями соседних скважин было не менее 3-4 ячеек. Среднее расстояние между скважинами составляет 500 м, в связи с чем горизонтальный размер ячеек был принят равным 50 × 50 м. Вертикальное расчленение производилось для каждой отдельной пачки горизонта. Количество слоев подбиралось так, чтобы учитывалась толщина минимального пропластка коллекторов в данном горизонте. Вертикальный размер ячеек, в основном, составил примерно 0,4 м.

С помощью алгоритма Make Horizons XII-1, XIV-1, XIV-1a, XIV-2, XV-1, XV-2 и XVI горизонты были размещены в трехмерный грид [6].

Построение литологической модели выполнено на основе результатов интерпретации материалов ГИС, в частности кривых пористости, где были получены кривые NTG (коллектор-неколлектор). Граничное значение для пористости принималось 5 %, поэтому, в интервалах с пористостью меньше 5 %, дискретная кривая NTG имела значение 0, а в интервалах больше 5 % – 1.

Далее было сделано осреднение (ремасштабирование) дискретной кривой NTG на трёхмерную сетку. В связи с тем, что при моделировании этого свойства, моделируемая область разделяется на ячейки путем создания 3D грида, каждой ячейке грида присваивается единственное значение для каждого свойства.

На основе проделанного ремасштабирования проводилось распределение коллекторов. Построение литологической модели, заключалось в присвоении ячейкам трёхмерного грида кодов, соответствующих определённым литологическим типам (коллектор / неколлектор).

На этапе построения фильтрационно-емкостной модели пластов производилось распределение пористости и газонасыщенности на основе литологической модели. Исходной информацией для построения модели ФЕС послужили результаты обработки материалов ГИС, принятые в подсчете запасов УВ 1965 г., а также по данным пробуренных скважин после подсчета запасов.

Распределение ФЕС пластов производилось с помощью стохастического метода Gaussian Random Function Simulation, относящегося к методу интерполяции и позволяет учитывать, как скважинные данные, так и пространственную корреляцию параметров, описываемую вариограммами. [9].

При моделировании пористости и газонасыщенности проводился анализ скважинных данных с помощью вертикальных и горизонтальных вариограмм, а также статистического распределения на основе дискретной модели NTG.

Анализ и результаты. Трёхмерная геологическая модель нефтегазоконденсатного месторождения Учкыр была построена впервые. Построенная модель позволила интегрировать разные геолого-геофизические данные и уточнить геологическое строение залежей XII-1, XIV-1, XIV-1a, XIV-2, XV-1, XV-2 и XVI горизонтов.

Стратиграфическое экранирование в XIV-1a, XIV-2 и XV-1 горизонтах месторождения (Рис. 1) Учкыр обусловлено латеральной фациальной изменчивостью терригенных отложений и неоднородностью карбонатных толщ, а также процессами выклинивания и литологического замещения коллекторов. Данный фактор приводит к сокращению площади газонасыщенности, разобщенности залежей и изменению распределения запасов по куполам.

Анализ структурного каркаса показал, что в северо-восточной и юго-восточной частях структуры наблюдается сокращение мощности XIV-1a, XIV-2 и XV-1 горизонтов вплоть до их полного стратиграфического выклинивания (Рис. 2).

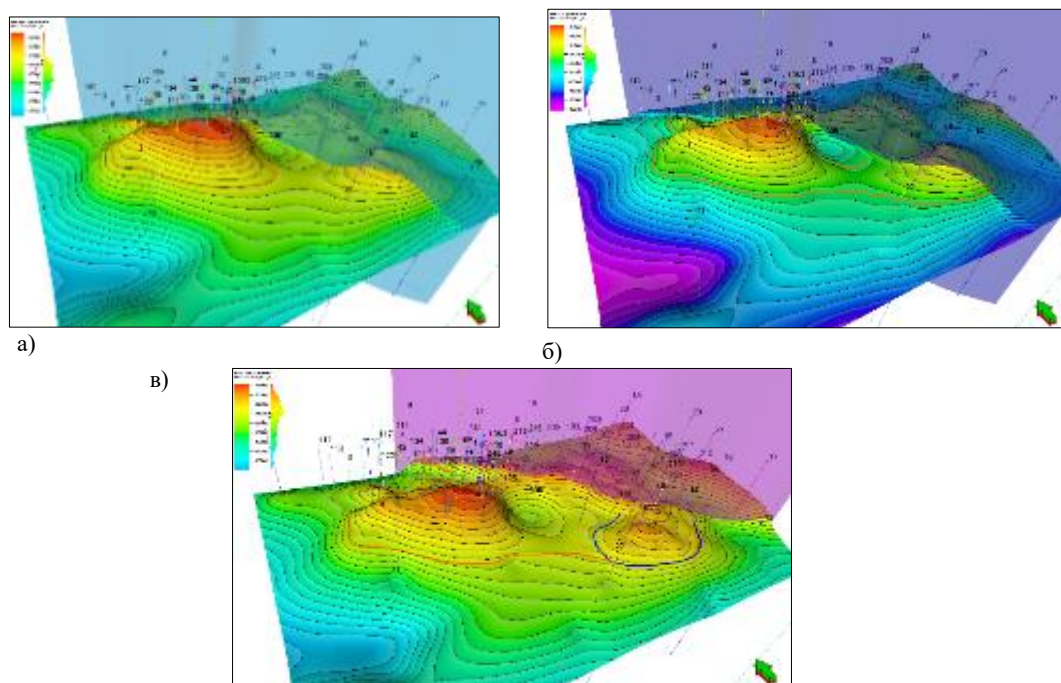


Рис. 1. Трёхмерная структурная модель: а) XIV-1a; б) XIV-2; в) XV-1 горизонта

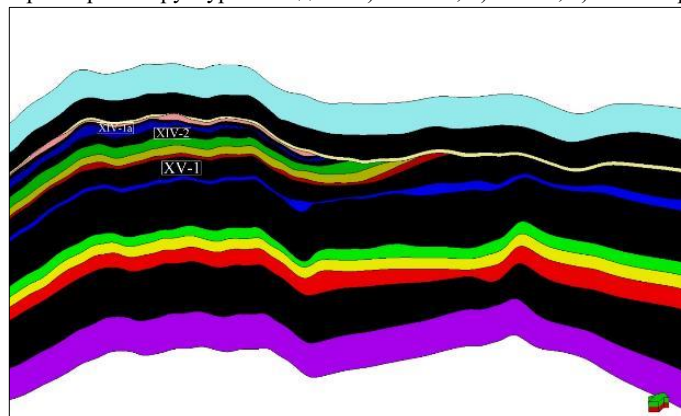


Рис. 2. Стратиграфическое выклинивание XIV-1a, XIV-2 и XV-1 горизонтов

Построенная литологическая модель наглядно демонстрирует распространение коллекторов по площади (Рис. 3). В северо-западной части структуры формируются протяжённые линзы коллекторов, тогда как в направлении северо-восточного и юго-восточного куполов происходит их постепенное замещение глинистыми породами.

Разработанная трехмерная геологическая модель изучаемого месторождения на основе имеющихся данных позволит снизить уровень геологических неопределённостей и повысить обоснованность проектных решений, что особенно важно на поздней стадии разработки месторождения.

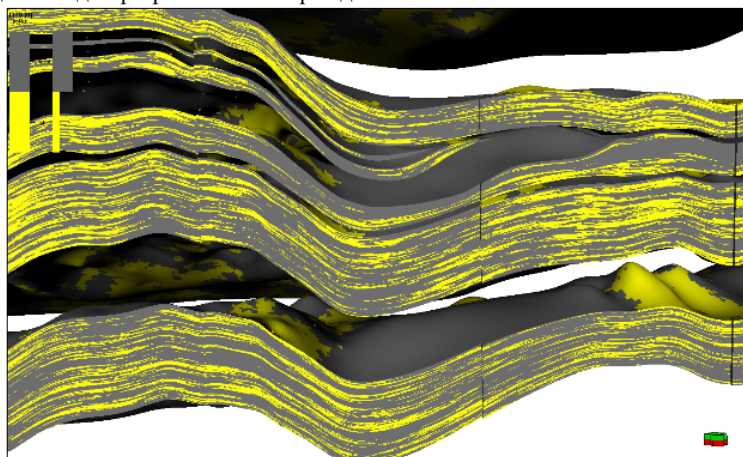


Рис. 3. Выклинивание коллекторов в трехмерной литологической модели

Заключение и рекомендации. Созданная модель впервые объединила разрозненный массив геолого-геофизической информации, накопленный за длительный период эксплуатации, обеспечив переход к высокдетальному цифровому представлению залежей. В ходе моделирования была детально оконтурена зона стратиграфического размытия и выклинивания горизонтов XIV-1a, XIV-2 и XV-1 горизонтов. Установлено, что литолого-фациальная изменчивость терригенных и карбонатных толщ является ключевым фактором, определяющим разобщенность залежей и сложность распределения запасов углеводородов по куполам. Построенные литологическая модель наглядно демонстрирует зоны развития коллекторов и их замещение неколлекторами, что дает возможность более точно прогнозировать продуктивность пластов в межскважинном пространстве. Таким образом, разработанная цифровая трехмерная геологическая модель вносит существенный вклад в реализацию программы цифровизации нефтегазовой отрасли страны и создает базу для оптимизации выработки остаточных запасов на поздней стадии эксплуатации месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суннатов М.С., Валиев М.Р. и др. Построение трехмерной геологической модели на примере сложнопостроенной карбонатной толщи месторождения Зеварды. Научные труды АО «O'ZLITINEFTGAZ». 2021. № 1. Ташкент. с.17-23.
2. Пак С.А. Геология и газонефтеносность Учкырского месторождения Узбекской ССР (отчет о результатах разведки и подсчету запасов газа и нефти по состоянию на 15.10.65). Госгеолфонды РУз. 1965. Ташкент. 304 с.
3. Беков Б.Х. и др. Проект доработки нефтегазоконденсатного месторождения Учкыр. Отчет о НИР. АО «O'ZLITINEFTGAZ». 2025. Ташкент. 255 с.
4. Сивайкова Т.В. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Бухаро-Хивинского региона Западного Узбекистана. Диссертация. 2019. Москва. 166 с.
5. Цуканов М.Н. Исследование процесса очистки газа на месторождении Учкыр. Диссертация. 2012. Бухара. 121 с.
6. Закревский К.Е. Оценка качества 3D моделей. 2008. Москва. 272 с.
7. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. 2009. Москва. 376 с.
8. Гиллман Р.А., Михеев С.И. Основы трехмерного цифрового геологического моделирования. Учебное пособие. 2011. Москва. 122 с.
9. Закревский К.Е., Назарян А.Н., Павлов С.А. Построение геологических моделей. Учебное пособие. 2013 Москва. 232 с.
10. Бибик А.Н., Гладков А.С., Кочнев А.А. Геологическое моделирование залежей углеводородов со сложным строением природного резервуара. 2018. Пермь. 154 с.