

УДК: 553.981

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.23

**ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ НИЖНЕ-СРЕДНЕ ЮРСКИХ
ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДИВАЛКАК
(РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН)**



Аюпова Ноди́ра Аббос кизи

Преподаватель, Университет геологических наук, Ташкент, Узбекистан

E-mail: nodiraxon1991@mail.ru

ORCID ID: 0009-0000-3203-4932

Аннотация. Рассмотренное в статье месторождение Дивалкак расположено в Испанлы-Чандырском поднятии, продуктивный разрез представлен карбонатными юрскими и терригенными отложениями нижне-среднеюрского возраста. Геологическое моделирование терригенных отложений имеет свои особенности, связанные с природой этих отложений и их изменчивостью и характеризуются сложной литологической неоднородностью и сложной геометрией. Моделирование требует учета этих факторов, а также применения специальных методов и подходов. В данной работе представлена методика построения трехмерной цифровой геологической модели продуктивных горизонтов XV-HP и XVIII газоконденсатного месторождения Дивалкак. Описаны этапы сбора, обработки и интерпретации геолого-геофизических данных, структурное моделирование, построение литологической модели и моделирование фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). На основе различных вариантов построения вариограмм с распределением фаций и распространение пористости по изучаемому объекту получен куб пористости. Результативная геологическая модель наиболее достоверно отражает внутреннее строение коллекторов и позволяет глубже понять седиментационные характеристики пластов и петрофизические отношения.

Ключевые слова: геологическая модель, Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион, нижне-среднеюрские терригенные отложения, межскважинная корреляция, литологически экранированные залежи, литологическая модель, структурный каркас, стохастическое моделирование.

**DIVALKAK KONINING QUYI-O'RTA YURA DAVRI TERRIGEN
YOTQIZIQLARINING SAMARALI GORIZONTLARI BO'YICHA RAQAMLI
GEOLOGIK MODELNI QURISH (O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI)**

Ayupova Nodira Abbos qizi

Geologiya fanlari universiteti o'qituvchisi, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. Maqolada ko'rib chiqilgan Divalkak koni Ispanli-Chandir ko'tarilishida joylashgan bo'lib, unda foydalanishga yotqizilgan qatlamlar karbonatli yura va quyi-o'rta yura davri terrigenn tog' jinslari bilan ifodalangan. Terrigen to'planmalarining geologik modellashtirilishi ushbu jinslarning tabiati va

o'zgaruvchanligi bilan bog'liq xos xususiyatlarga ega bo'lib, ular murakkab litologik nomutanosiblik va murakkab geometriya bilan xarakterlanadi. Modellashirishda ushbu omillar hisobga olinishi, shuningdek, maxsus usul va yondashuvlar qo'llanilishi talab etiladi. Ushbu ishda Divalkak gaz-kondensat konining XV-NR va XVIII samarali gorizontlari uchun uch o'lchamli raqamli geologik modelni yaratish metodikasi taqdim etilgan. Geologik-geofizik ma'lumotlarni to'plash, qayta ishlash va talqin qilish bosqichlari, struktural modellashirish, litologik modelni qurish va filtrlash-sig'imlilik xossalari (FSX) modellashirish tushuntirilgan. Fatsiyalar tarqalishi va ko'plab variogramma qurish variantlari asosida o'rganilayotgan obyekt bo'ylab g'ovaklik tarqalishi hisobga olinib, g'ovaklik kubi olindi. Yaratilgan geologik model kollektorlarga xos ichki tuzilmani eng aniq ifoda etgan holda, qatlamlarning cho'kindi xususiyatlari va petrofizik munosabatlarini chuqurroq tushunish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: geologik model, Buxoro-Xiva neft-gaz hududi, quyi-o'rta yura to'plam (terrigen) tog' jinslari, quduqlararo korrelyatsiya, litologik to'siqlangan konlar, litologik model, struktural karkas, stoxastik modellashirish.

CONSTRUCTION OF A DIGITAL GEOLOGICAL MODEL OF THE PRODUCTIVE HORIZONS OF LOWER TO MIDDLE JURASSIC TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE DIVALKAK FIELD (REPUBLIC OF UZBEKISTAN)

Ayupova Nodira Abbas kizi

Teacher at the University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The Divalkak field discussed in the article is located in the Ispanly-Chandyr uplift. The productive section is represented by Jurassic carbonate and Lower to Middle Jurassic terrigenous deposits. Geological modeling of terrigenous deposits has its own specific features due to the nature of these sediments and their variability. These deposits are characterized by complex lithological heterogeneity and intricate geometry. Modeling requires consideration of these factors, as well as the use of specialized methods and approaches. This study presents a methodology for constructing a three-dimensional digital geological model of the productive horizons XV-NR and XVIII of the Divalkak gas condensate field. The stages of geological and geophysical data collection, processing, and interpretation are described, including structural modeling, lithological model construction, and modeling of reservoir properties (porosity and permeability). Based on various variogram scenarios, with facies distribution and porosity propagation across the studied area, a porosity cube was obtained. The resulting geological model most accurately reflects the internal structure of the reservoirs and provides deeper insight into the sedimentary characteristics of the formations and petrophysical relationships.

Keywords: geological model, Bukhara-Khiva oil and gas region, Lower to Middle Jurassic terrigenous deposits, interwell correlation, lithologically trapped reservoirs, lithological model, structural framework, stochastic modeling.

Введение. В настоящее время, с учетом возрастающей сложности строения разрабатываемых нефтегазовых залежей возрастает значимость применения современных цифровых технологий для комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. Одним из таких инструментов является трёхмерное геологи-

ческое моделирование, позволяющее формировать детальные пространственные модели строения залежей и прогнозировать поведение пластов в процессе их эксплуатации. В отличие от традиционных геологических схем, трёхмерные модели обеспечивают возможность динамического обновления структуры место-

рождения с учётом новых данных, получаемых в процессе бурения и эксплуатации. Это позволяет значительно повысить точность прогноза поведения пластов, оптимизировать размещение скважин и снизить неопределённость при принятии технологических решений.

В условиях роста мирового энергопотребления и истощения традиционной сырьевой базы одной из приоритетных задач нефтегазовой отрасли остаётся прирост запасов углеводородов [1]. Ускоренное развитие нефтегазодобычи в Узбекистане требует повышения эффективности поисково-разведочных работ, направленных на стабильное пополнение промышленной ресурсной базы. В этом контексте особый интерес представляет юрская терригенная формация Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона Западного Узбекистана [2]. Особенности её геологического строения: сложный рельеф, сформированный в условиях длительного перерыва в осадконакоплении (от перми до средней юры), а также наличие бессернистого природного газа определяют её высокую промышленную значимость.

Газоконденсатное месторождение Дивалкак в административном отношении расположено в пределах Алатского района Бухарской области Республики Узбекистан. В тектоническом отношении расположено в пределах Испанлы-Чандырского поднятия, являющихся одним из крупных тектонических элементов Чарджоуской ступени Амударьинской впадины. По структурной поверхности надсолевых отложений рассматриваемая площадь расположена по моноклинали, представляющей южное крыло Испанлы-Чандырского поднятия, которое полого погружаясь с северо-востока на юго-запад переходит в Кушабский прогиб. На фоне общего моноκлиального погружения Дивалкакская площадь обособляется в виде небольшой брахиантиκлинали высотой до 15 м, которая отделяется от расположенного к северу Кокчинского структурного носа неглубоким узким прогибом субширотного простирания.

Данное месторождение характеризуется весьма сложным геологическим строением. В разрезе указанных горизонтов выделены пласты

коллекторов вмещающие небольшие по размерам изолированные между собой в плане и разрезе самостоятельные залежи газа. В пределах месторождения Дивалкак выделяются два продуктивных горизонта: XV-НР – в карбонатных отложениях верхней юры и XVIII – в терригенной толще среднеюрского возраста. Последний в свою очередь разделен на четыре пачки: XVIII-1, XVIII-2, XVIII-3 и XVIII-4, вмещающие газоносные пласты: 12, 17, 18, 20, 21 и 24, которые представляют собой самостоятельные объекты. Это 7 продуктивных пластов, различающихся глубинами залегания, пластовыми давлениями, запасами газа и конденсата, а залежь в XV-НР горизонте и составом газа. Продуктивные горизонты характеризуются небольшой толщиной, невыдержанностью в плане и разрезе, резкой литологической изменчивостью, вплоть до полного выклинивания проницаемых разностей.

Верхняя часть разреза представлена рифогенным комплексом пород XV-НР, XV-Р, средняя часть – XV-ПР, XV-а, XVI – включает в себя прослой терригенных пород, нижняя часть разреза сложена терригенными отложениями XVII, XVIII, XIX горизонтов.

XV-НР. Породы, слагающие горизонт, представлены серыми, местами зеленовато-серыми известняками, плотными, крепкими, с прослоями карбонатно-ангидритовых пород, отмечаются отдельные маломощные прослой глинистых и песчаных пород. Диапазон изменения пористости для пород-неколлекторов составил от долей процента до 8 %. Для пород с трещинной проницаемостью этот диапазон совпадает, а для пород-коллекторов с гранулярным типом диапазон изменения составил от 6 до 17 %.

XVIII. Терригенные отложения XVIII горизонта имеют монотонное строение и сложены, в основном, темно-серыми, почти черными аргиллитами, алевролитами, мелкозернистыми песчаниками, с прослоями серых и светло-серых, средне-крупнозернистых песчаников и гравелитов.[3]. Газоносные пласты сложены разномасштабными песчаниками, преимущественно крупнозернистыми, в составе которых входят зерна гравелитной размерности и гравелитами. Обломочный материал

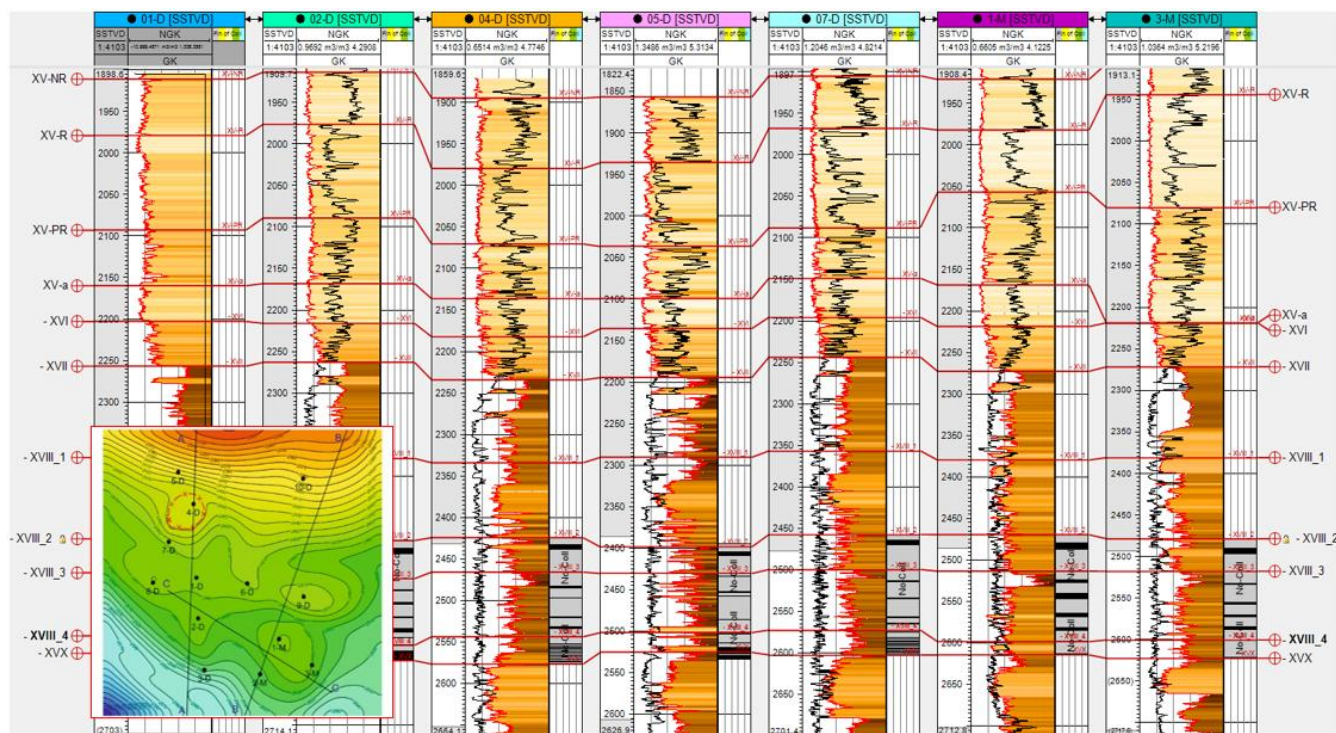


Рис.1. Межскважинная корреляция разреза по линии А-А.

представлен, в основном, зернами кварца, обломками пород, полевыми шпатами. В разрезе пачек отмечаются пласты проницаемых пород, в пачке XVIII-2 – 12, в пачке XVIII-3 – 17, 18, 20, 21, в пачке XVIII-4 – 24.

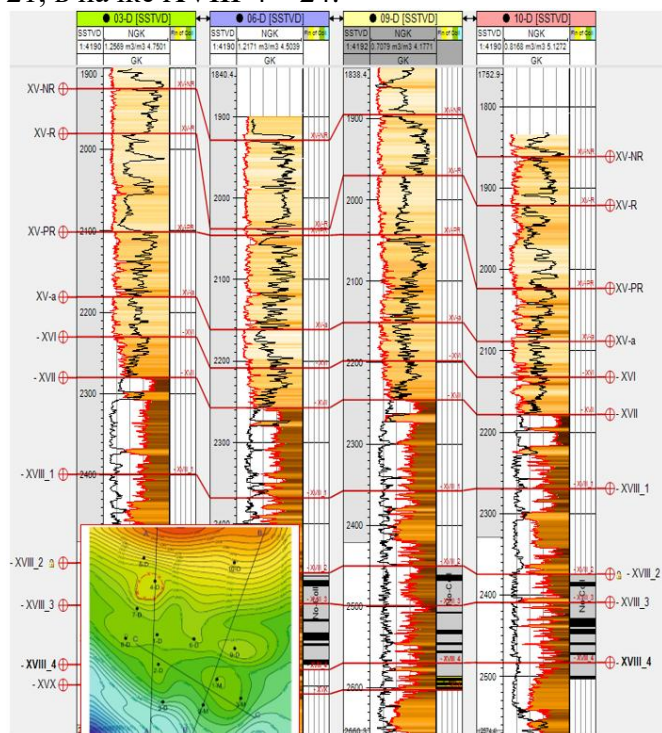


Рис.2. Межскважинная корреляция разреза по линии В-В.

Корреляция терригенных отложений — это один из ключевых этапов геолого-геофизического моделирования, который позволяет установить стратиграфическое и литологическое соответствие пластов между разными скважинами.

Межскважинная корреляция включала в себя маркирование границы, корректировки скважинной корреляции отражающих горизонтов и внутренних границ по юрским отложениям. Основным параметром для разделения интервалов принята схожесть кривых гамма каротажа и сопротивления, так же, в некоторых случаях, при неоднозначных определениях границ отбивок, применялись нейтронный и акустический каротажи (Рисунки 1 и 2).

Методология построения геологической модели. Построение детальной геологической модели содержит несколько этапов [4]:

- сбор данных и контроль качества;
- загрузка, привязка и оцифровка структурных карт;
- загрузка исходных данных (координаты устьев скважин, инклинометрия, las-файлы и т.д.) в проект;
- структурное моделирование;

- построение трёхмерной геологической сетки;
- осреднение скважинных данных;
- построение литологической модели;
- построение модели пористости и насыщения.

Структурное моделирование. Структурные поверхности по кровли построены методом схождения от кровли горизонтов для продуктивного горизонта XV-HP и XVIII (кровли коллектора 12,18,17,20,21,24 газоносного пласта), скорректированы по имеющимся стратиграфическим отбивкам. (Рис 3). Внешние контуры по абсолютной отметке ГВК представлены в таблице.

Таблица 1.

Уровни ГВК принятые в 3D геологической модели

	ГВК, м
12-пласт	-2438,17
17-пласт	-2521,73
18-пласт (район скв №1Д)	-2542,92
18-пласт (район скв №9Д)	-2533,47
18-пласт (район скв №1М)	-2546,33
20-пласт (район скв №2Д)	-2571,12
20-пласт (район скв №9Д)	-2547,06
20-пласт (район скв №1М)	-2568,7
21 пласт	-2587,87
24 пласт	-2613,85

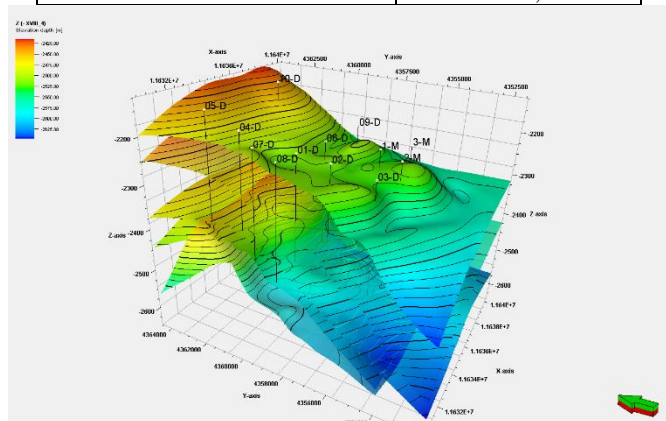


Рис.3. Модель структурного каркаса месторождения Дивалкак.

Построение геологической сетки. Размерность трехмерной сетки составила 127×207×102 ячеек, всего 3 593 520 ячеек. Шаг по горизонтали – 50×50 м, что соответствует средней плотности скважинной сетки. Для всех горизонтов был выбран пропорциональный тип разбивки. Количество слоев для каждого

горизонта было выбрано с целью оптимального ремасштабирования кривой литологии на геологическую сетку.

Литологическая модель. Литологическая модель базировалась на дискретной кривой «коллектор-неколлектор», сформированной с помощью метода «Most of». Радиус влияния скважин подбирался с учетом межскважинного расстояния и обеспечивал сохранение объемных долей коллекторов в модели (Рис.4).

Контроль качества переноса осуществлялся путём визуального сопоставления значений литологии в разрезах 3D-грида и исходных данных ГИС. Сходимость толщин коллекторов подтверждена высокой точностью осреднения.

Моделирование фильтрационно-емкостных свойств. Осреднение параметров. Осреднение параметров (пористость, насыщенность) выполнялось на основе литологической модели. Для осреднения применялся арифметический метод с использованием параметра «Use bias».

Стохастическое моделирование. Моделирование ФЕС проводилось методом **Gaussian Random Function Simulation**. Распределение параметров осуществлялось только в ячейках, отнесенных к коллекторам. Основными источниками информации послужили данные РИГИС по 13 скважинам (Рис 5).

Вариографический анализ показал отсутствие чётких латеральных корреляций, в то время как вертикальные корреляции оказались более устойчивыми.

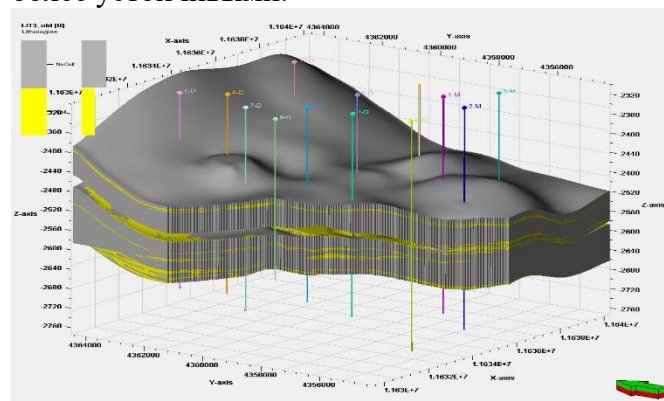


Рис.4. Трёхмерное сечение куба литологии в продуктивной части.

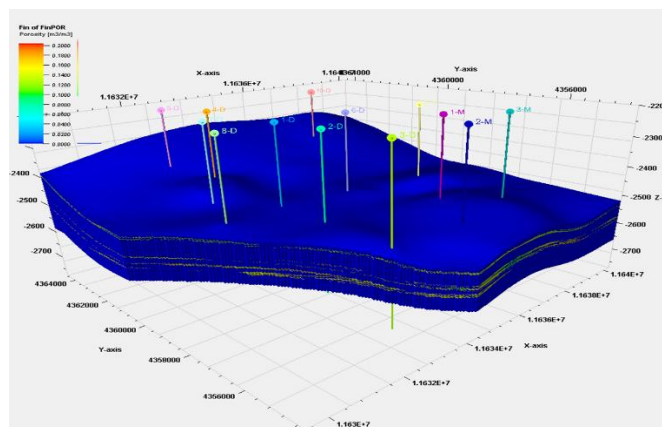


Рис.5. Трехмерное сечение куба пористости.

Результаты моделирования. Контроль достоверности модели осуществлялся путём сравнения минимальных, максимальных и средних значений параметров, полученных по модели и из исходных данных ГИС [5]. Погрешности осреднения оказались в пределах допустимых значений.

Обсуждение и выводы. Цифровое моделирование геологических объектов является основополагающим этапом в прогнозировании продуктивности и разработке месторождений. В рамках данной работы разработана геологическая модель продуктивных горизонтов XV-HP и XVIII место-

рождения Дивалкак, расположенного в Республике Узбекистан. Модель базируется на обширном комплексе геолого-геофизических данных, включая результаты ГИС, структурные карты, стратиграфические разбивки и каротажные материалы. Модель включает:

- структурный каркас с 7 выделенными горизонтами;
- литологическое распределение коллекторов и неколлекторов;
- 3D распределение пористости и газонасыщенности.

Сопоставление данных 3D модели и результатов интерпретации ГИС показало высокую сходимость и подтверждает корректность выполненных расчетов. Полученная модель может быть использована для дальнейшего моделирования разработки, оценки запасов и построения гидродинамической модели месторождения. Также проведенные исследования способствуют прогнозированию поведения пласта, который используется при планировании, эксплуатации и при диагностике работы пласта насыщенным углеводородами на всех стадиях разработки месторождения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров, А. А. (1976). Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. Москва: Высшая школа. 415 с.
2. Бабаджанов, Т. Л., Черкашина, Л. Г., & Рубо, В. В. (1988). Новые данные о перспективах газоносности терригенных юрских отложений Западного Узбекистана. Геология нефти и газа, (2), 21–24.
3. Евсеева, Г. Б. (2015). Литолого-фациальные особенности и фильтрационно-емкостные свойства терригенных отложений юры Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона. SOCAR Proceedings, (2), 4–9.
4. Закревский, К. Е. (2009). Геологическое 3D моделирование. Москва: ООО ИПЦ МАСКА.
5. Закревский, К. Е., Майсюк, Д. М., & Сыртланов, В. Р. (2008). Оценка качества 3D моделей. Москва.