

УДК: 553.981

 10.5281/zenodo.13685190

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЕПРЕССИОННОЙ ФАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



Рахимов Максим Евгеньевич

Главный специалист СП ООО «Geo Research and Development
Company», Ташкент, Узбекистан

E-mail: maximevgenyevich1993@gmail.com

ORCID ID: 0009-0006-9128-4580



Аюпова Нодира Аббос кизи

Инженер II категории СП ООО «Geo Research and
Development Company», Ташкент, Узбекистан

E-mail: nodiraxon1991@mail.ru

ORCID ID: 0009-0000-3203-4932

Аннотация. Рассмотренное в статье месторождение Сардоб расположено в безрифовой зоне карбонатного накопления, разрез представлен отложениями относящимся к депрессионной фации. Депрессионный тип разреза характеризуется сложным внутренним строением связанный с наличием коллекторов трещинного и кавернозного типа, для успешного создания трехмерной геологической модели авторами предложено дифференцирование коллекторов на поровые, порово-трещинные и трещинно-поровые типы. В процессе выполнения модели произведена межскважинная корреляция, уточнены границы продуктивных горизонтов. Построен структурный каркас, модель литологии состоящий из 4-х параметров, параметр литологии распределяется по трехмерному кубу, на основе последовательного индикаторного моделирования. 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 карбонатных коллекторов и позволяет глубже понять седиментационные характеристики пластов и петрофизические отношения. Также проведенные исследования способствуют прогнозированию поведения пласта, который используется при планировании, эксплуатации и при диагностике работы пласта насыщенным углеводородами на всех стадиях разработки месторождения.

Ключевые слова: геологическая модель, Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион, депрессионная фация, карбонатные отложения, межскважинная корреляция, дифференцирование коллекторов, литологическая модель, структурный каркас.

UCH O'LCHAMLIK GEOLOGIK MODELNI YARATISHDA DEPRESSION FATSIYALAR KARBONAT YOTQIZIQLARING ICHKI TUZILISHI XUSUSIYATLARI

Rahimov Maksim Evgenievich

“Geo Research and Development Company” MChJ QK bosh
mutaxassisi, Toshkent, O‘zbekiston

Ayupova Nodira Abbos qizi

II toifali muhandis “Geo Research and Development Company”
MChJ QK, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada ko‘rib chiqilgan Sardob koni karbonat to‘plangan rifdan xoli zonada joylashgan bo‘lib, mahsuldor qatlam depressiya fatsiyasiga tegishli cho‘kindi jinslar bilan ifodalangan. Depressiya turidagi qalamlar darzli va kovakli tipdagi kollektorlarning mavjudligi bilan bog‘liq bo‘lgan murakkab ichki tuzilish bilan tavsiflanadi, uch o‘lchovli geologik modelni muvaffaqiyatli yaratish uchun mualliflar kollektorlarni g‘ovakli, g‘ovakli-darzli va darzli-g‘ovak turlariga ajratishni taklif qilishdi; Modelni bajarish jarayonida quduqlararo korrelyatsiya amalga oshirildi va unumdor gorizontlar chegaralari aniqlandi. Strukturaviy asos qurilgan, litologiya modeli 4 ta parametrdan iborat bo‘lib, litologiya parametri ketma-ket ko‘rsatkichli modellashtirishga asoslangan uch o‘lchovli kub bo‘ylab taqsimlangan. Fatsiyalarni taqsimlash va o‘rganilayotgan obyekt bo‘yicha g‘ovaklikni taqsimlash bilan variogrammalarni qurishning turli xil variantlari asosida g‘ovaklik kubi olingan. Olingan geologik model karbonat yotqiziqlarining ichki tuzilishini eng ishonchli tarzda aks ettiradi va shakllanishlarning cho‘kindi xususiyatlarini va petrofizik munosabatlarni chuqurroq tushunishga imkon beradi. Shuningdek, olib borilgan tadqiqotlar konni o‘zlashtirishning barcha bosqichlarida uglevodorodlar bilan to‘yingan qatlamni rejalashtirish, ishlatish va diagnostika qilishda qo‘llaniladigan qatlam xatti-harakatlarini bashorat qilishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: geologik model, Buxoro-Xiva neft-gaz rayoni, depressiya fatsiyasi, karbonat konlari, quduqlar korrelyatsiyasi, kollektorlar differentsiatsiyasi, litologik model, strukturaviy asos.

FEATURES OF THE INTERNAL STRUCTURE OF CARBONATE DEPOSITS OF DEPRESSIONAL FACIES IN THE CREATION OF A THREE- DIMENSIONAL GEOLOGICAL MODEL

Rakhimov Maksim Evgenievich

Chief Specialist of JV LLC “Geo Research and Development
Company”, Tashkent, Uzbekistan

Ayupova Nodira Abbos kizi

Engineer of the II category of JV LLC “Geo Research and
Development Company”, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The Sardob field discussed in the article is located in a reef-free zone of carbonate accumulation; the section is represented by sediments belonging to the depression facies. The depression type of section is characterized by a complex internal structure associated with the presence of fractured and cavernous type reservoirs; to successfully create a three-dimensional geological model, the authors proposed differentiation of reservoirs into pore, pore-fractured and fractured-pore types. During

the modeling process inter-well correlation was carried out, and the boundaries of productive horizons were clarified. A structural framework has been built, a lithology model consisting of 4 parameters, the lithology parameter is distributed over a three-dimensional cube, based on sequential indicator modeling. Based on various options for constructing variograms with the distribution of facies and the distribution of porosity over the studied object, a porosity cube was obtained. The resulting geological model most reliably reflects the internal structure of carbonate reservoirs and allows for a deeper understanding of the sedimentation characteristics of formations and petrophysical relationships. Also, the conducted studies contribute to predicting the behavior of the formation, which is used in planning, operation and in diagnosing the operation of a formation saturated with hydrocarbons at all stages of field development.

Keywords: Key words: geological model, Bukhara-Khiva oil and gas region, depression facies, carbonate deposits, interwell correlation, reservoir differentiation, lithological model, structural framework.

Введение. Геологическая модель – это объёмная имитация месторождения, позволяющая исследовать и прогнозировать процессы, протекающие при разработке в объёме резервуара, непрерывно уточняющиеся на основе новых данных на протяжении всего периода эксплуатации месторождения. [1] Геологическое 3D-моделирование в современном этапе развития нефтегазовой отрасли стала важным инструментом наблюдения и анализа геологических объектов. На сегодняшний день эксплуатируемые залежи нефти и газа характеризуются усложнением природных, геологических характеристик. Поэтому их эффективное освоение возможно только при наличии ясного понимания внутреннего строения пласта, его породной дифференциации и причин, ее порождающих.

Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион занимает особое положение по разведанным запасам углеводородного (УВ) сырья, является основным нефтегазоносным регионом Республики Узбекистан. Количество месторождений

нефти и газа открытые за последнее тридцать лет превышает ста, из них основная часть приурочены на главный поисковый стратиграфический комплекс – на юрскую карбонатную толщу.

Литературный анализ и методы.

Практика геологоразведочных работ свидетельствует о том, что фонд ловушек, соотносящихся к рифовой фации с высокими показателями ФЭС практически исчерпывается. С целью прироста запасов нефти и газа, перед специалистами стоит задача разработки новых методических подходов прогнозирования, поисков и разведки, разработки трудноизвлекаемых ловушек и залежей УВ.

Напомним, что фация — это обстановка осадконакопления, овеществленная в осадке породе [2].

Депрессионный тип фаций характеризуется глубоководными отложениями, современные и древние морские и океанические осадки на глубине, формировавшиеся в открытой части морского бассейна (рис 1) [3].

Месторождение Сардоб распо-

ложено в безрифовой зоне карбонатного накопления, окруженной цепочкой одиночных рифовых массивов.

На месторождении Сардоб стратиграфической полнотой отличается нижняя и средняя части разреза карбонатной

проходило в условиях некомпенсированного прогибания дна морского бассейна во впадине, формировавшейся в межрифовой зоне карбонатного накопления.

ГЧС – разрез сложен глинистыми

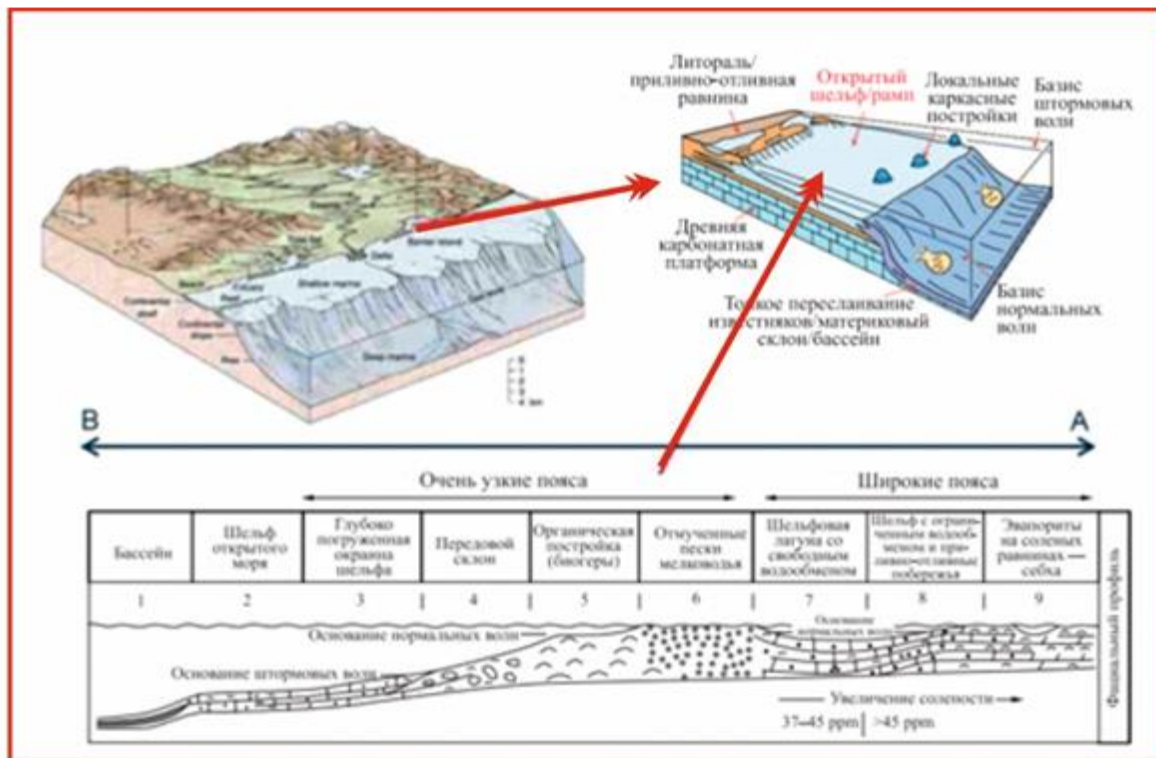


Рисунок 1. Морская зональность и фациальные пояса по Дж. Уилсону (1980)

формации, где выделяются снизу-вверх по разрезу XVI, XVa и XV (XV-подрифовый) горизонты.

Верхняя часть разреза (XV-ГЧС), соответствующая высокопористым известнякам оксфорд-кимериджского рифогенного комплекса (XV-подрифовый, XV-рифовый, XV-надрифовый горизонты), получившим распространение в разрезах скважин рифового типа, на Сардобском месторождении выражена депрессионными фациями и представлена маломощным (12-13,5м) горизонтом черных карбонатно-терригенных пород, накопление которых

микромкомковато-водорослевыми, а также микрозернистыми известняками плотного сложения и смешанными глинистыми карбонатными породами. Породы неравномерно ангидритизированы, глауконитизированы, слабо пиритизированы, в отдельных случаях пропитаны бурым органическим веществом.

XV горизонт сложен известняками плотными, крепкими, местами глинистыми, нередко переходящими в смешанные глинисто-карбонатные (мергелистые) породы. Отмечаются прослои пористых (рухлякоподобных, скв.5) известняков. Известняки серые, темно-

серые, иногда почти черные, слоистые, местами с плитчатой отдельностью, плотные, крепкие, трещиноватые, в керне часто разбитые на тонкие пластинки и мелкие, крепкие, оскольчатые обломки.

XV-а горизонт сложен известняками серыми, темно-серыми, слоистыми, плитчатыми, плотными, крепкими, трещиноватыми, местами сильно глинистыми, переходящими в смешанные карбонатно-глинистые породы. Породы представ-

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 (Рис.2).

Пачка ГЧС выделяется на кривой ГК по максимальному значению. Горизонты

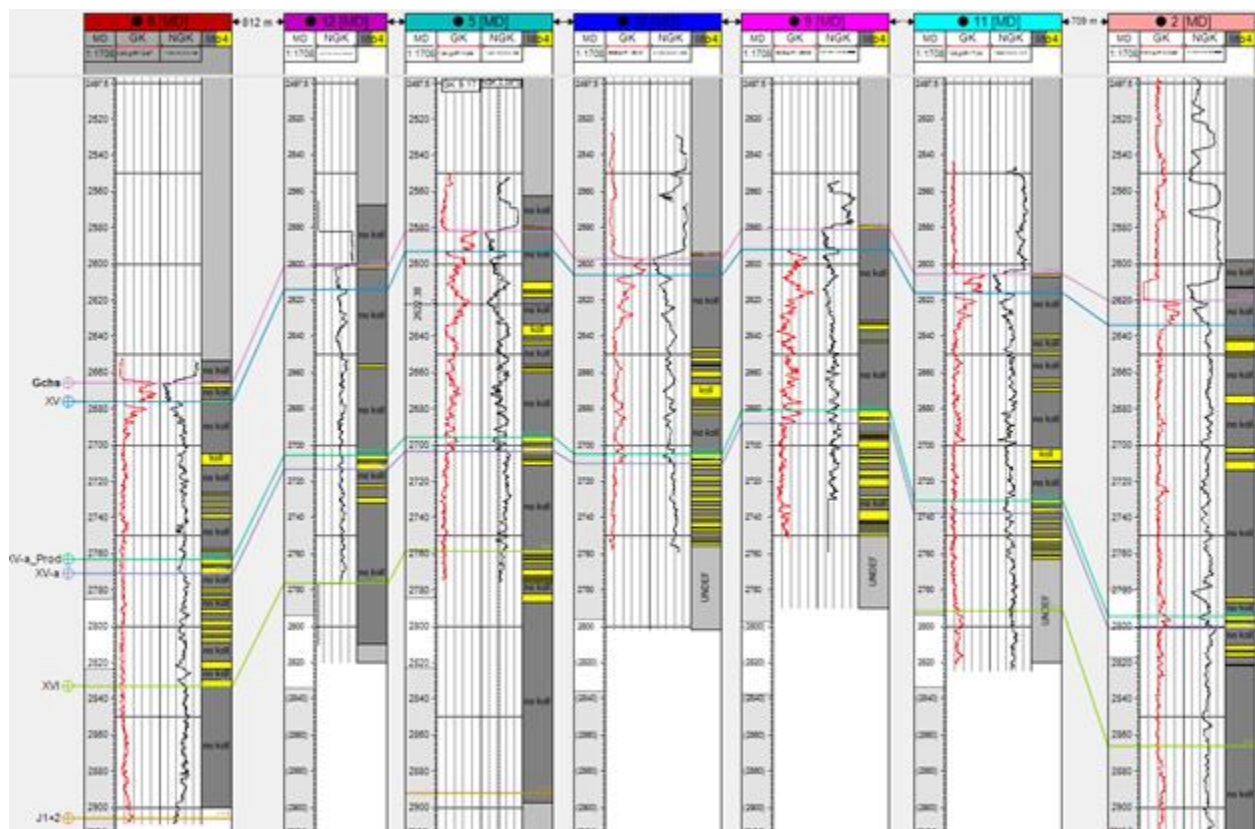


Рисунок 2. Межскважинная корреляция разреза

лены сгустково-водорослевыми известняками, аналогичными известнякам XV горизонта. Известняки слабо доломитизированные, пиритизированные, неравномерно перекристаллизованные.

Межскважинная корреляция включала в себя маркирование границы карбонатной постройки, корректировки скважинной корреляции отражающих

XV и XV-а хорошо выделяются методами НГК и ГК на корреляциях скважин. Внутри горизонта XV-а выделяется пачка XV-а прод, которая состоит из двух ярко выраженных коллекторов и глинистой перемычки между ними. Горизонт XVI выделяется методом БК по характерному увеличению сопротивления.

Структурные поверхности по кров-

лям построены методом схождения от кровли горизонтов XV, XV-a, XVI по причине конформного залегания пластов, и скорректированы по имеющимся стратиграфическим отбивкам. (Рис 3)

Всего в геологической модели выделено 2 горизонта (XV, XV-a), в каждой из которых выделяются допол-

виях.

Верхняя толща (нижний-средний оксфорд) формировалась в условиях дифференцированного осадконакопления, обусловившего фациальную неоднородность рассматриваемых карбонатных образований [5].

Анализ физико-литологических ха-

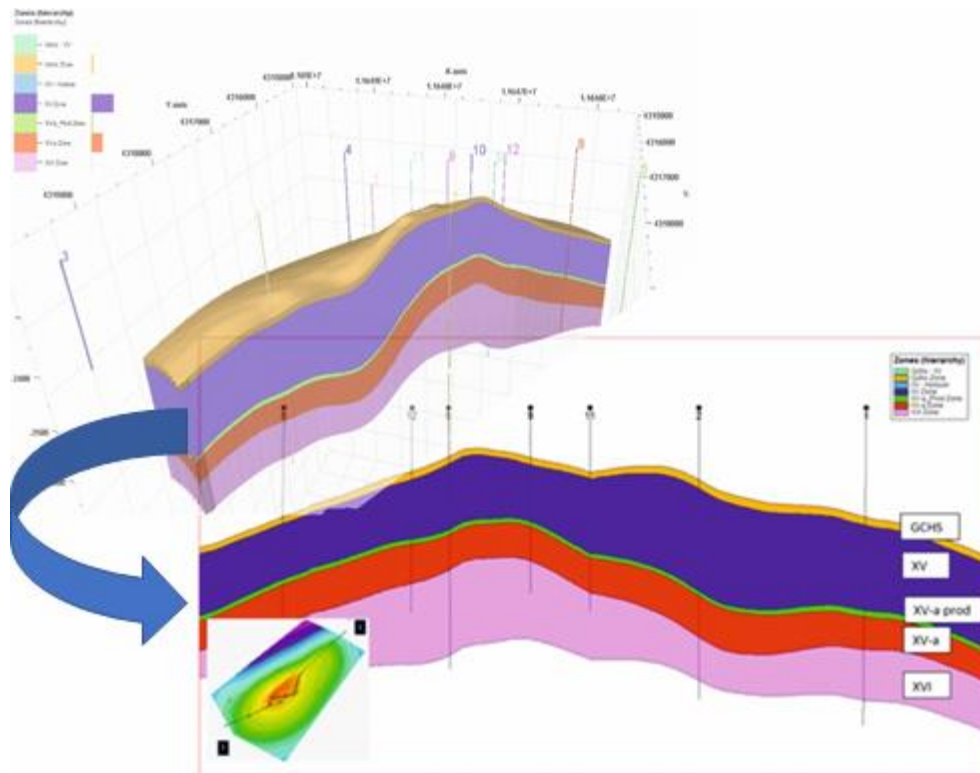


Рисунок 3. Структурное построение в разрезе

нительные продуктивные пачки.

Отложения верхнего келловей - нижнего-среднего оксфорда (мубарекская свита) свиты делятся на две толщи - нижнюю и верхнюю. Осадки нижней толщи (верхний келловей) формировались в условиях продолжающегося погружения дна палеобассейна в относительно спокойных тектонических условиях [Абдуллаев, Миркамалов, 1998, 2006; Эгамбердыев, 1981]. Осадконакопление проходило в мелководных усло-

рактических коллекторов продуктивных пластов показал необходимость дифференцирования их на типы, так как статичная модель состоящая из коллектора порового типа и не коллектора не отображает в полной мере специфические особенности которые в дальнейшем влияют на гидродинамическую модель.

Результаты и обсуждение. Согласно результатам исследования керновых данных в продуктивном горизонте

XV отмечаются многочисленные разнонаправленные трещины, в основном, минеральные, выполненные вторичным кальцитом, реже ангидритом, извилистые стиллолиты с глинистым и битуминозным веществом.

Для более детального представления внутреннего строения карбонатных отложений коллектора были разделены на группы:

1. Поровые
2. Трещинно-поровые
3. Порово-трещинные

Комплекс специальных методов ГИС для изучения трещинно-кавернозно-поровых коллекторов, основанный на анализе данных, полученных с использованием прямых методов исследований, позволяет выделять зоны трещинова-

тости и дифференцировать коллекторы на подтипы.

По среднестатистическим данным для коллекторов исследуемого региона были установлены граничные значения открытой пористости: для газовых пластов пористость свыше 5% определяла поровые коллекторы, тогда как пористость до 5% указывала на порово-трещинные коллекторы с преобладанием трещинной пористости. Для нефтяных пластов граничное значение пористости для поровых коллекторов было установлено на уровне 8%, но также были выделены нефтяные пласты с пористостью от 5% до 8%, относящиеся к трещинно-поровым коллекторам с преобладанием межзерновой пористости. Кроме того, интерпретаторам удалось

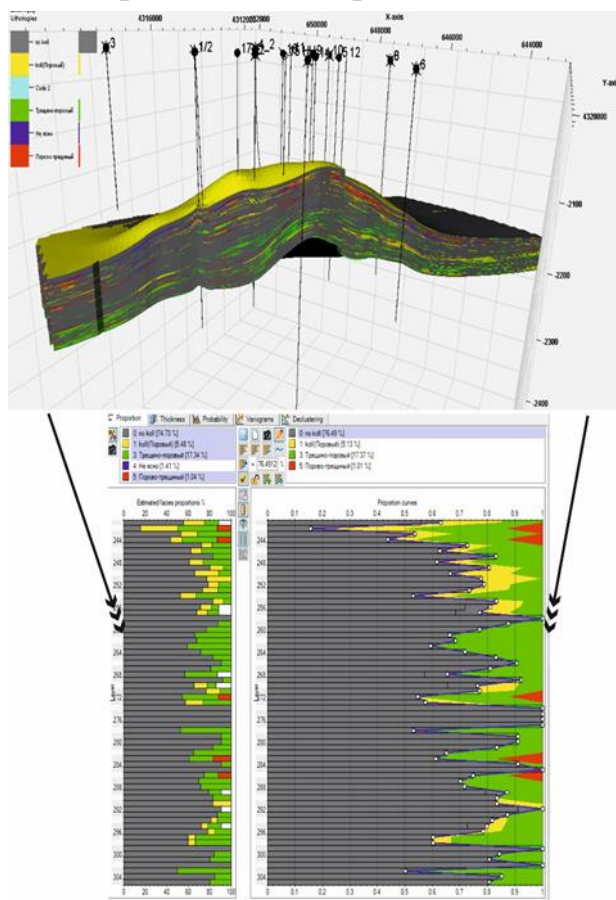


Рисунок 4. Литологическая модель с дифференцированием коллекторов

выделить нефтяные коллекторы с пористостью от 3% до 5%, относящиеся к порово-трещинным коллекторам с преобладанием трещинной пористости (Рисунок 4).

Контроль выполнения операции осреднения скважинных данных на сетку для кривой литологии осуществлялся визуализацией значений параметра литологии в ячейках трехмерного грида вдоль траекторий скважин совместно с данными ГИС и РИГИС. Контроль по скважинам показывает высокую сходимость толщин коллекторов по скважинам и осредненных ячеек 3D модели.

Также контроль качества переноса скважинных данных на трехмерную сетку выполнялся путем сопоставления данных РИГИС по скважинам и по значениям, осредненным на трехмерную сетку. Погрешность осреднения находится в пределах допустимых значений

Для построения куба пористости

использованы данные РИГИС по 11 скважинам.

Моделирование параметра пористости реализовано стохастическим методом интерполяции с Гауссовским типом вариограммы по ячейкам коллекторов, в неколлекторах коэффициент пористости не моделировался и по умолчанию был принят равным нулю (Рис 5).

В качестве исходных данных для моделирования куба начальной насыщенности использовались результаты интерпретации геофизических исследований скважин.

В объеме коллекторов распределялись значения нефтенасыщенности, в неколлекторах и водоносной части коэффициент нефтенасыщенности не моделировался и по умолчанию был принят равным нулю. Для коллекторов при расчете задавались минимальные и максимальные значения нефтенасыщенности, чтобы в полученном кубе не

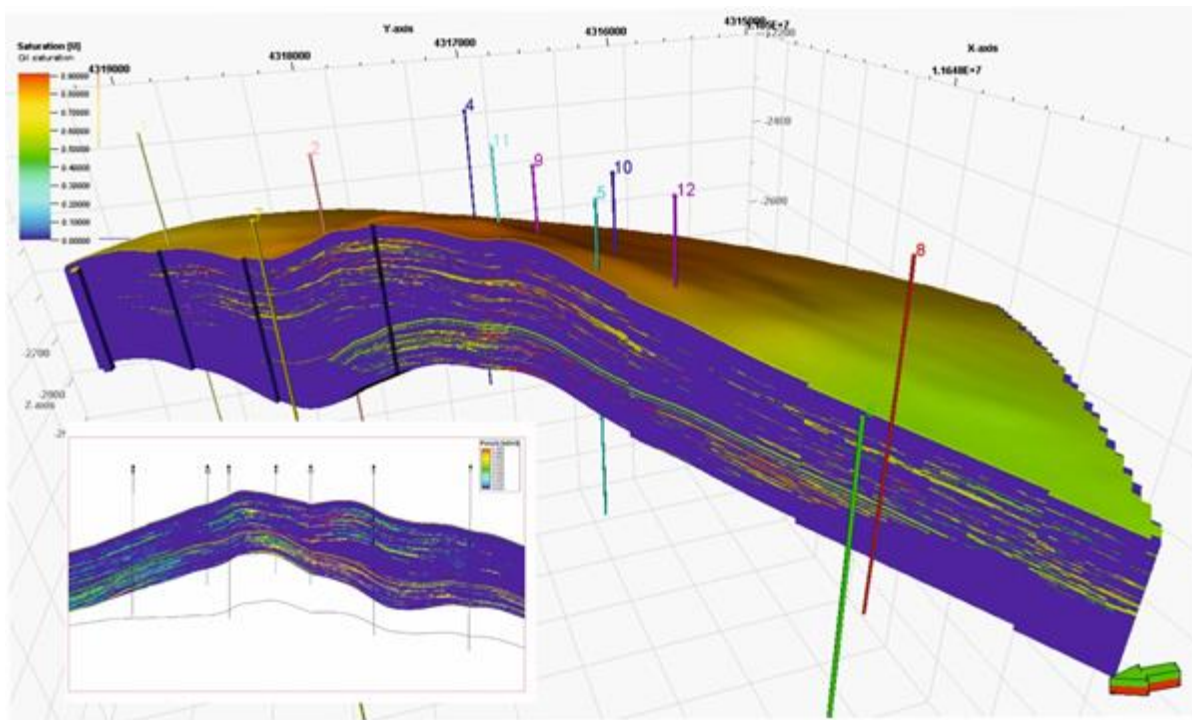


Рисунок 5. Куб пористости

произошло занижения или завышения по отношению к исходным данным.

Гистограммы распределения коэффициентов насыщенности по данным ГИС, ремасштабированной кривой и 3D модели для каждого горизонта показывают близкие значения.

Построенная геологическая модель адекватно отражает структурное строение, седиментационные характеристики пластов и петрофизические отношения, что позволяет геологу-нефтянику понять структуру залежей углеводородов и предсказывать их поведение, используя различные сценарии разработки.

Литологические модели, где была использована дискретная кривая типа «коллектор-неколлектор», коллектор представляется как поровый, и не дает полного представления о реально существующего коллектора трещинно-кавернозно-порового (смешанного) типа и поэтому недостаточно верно ориентируют специалистов в их практической

деятельности.

Именно это является главной проблемой при разработке месторождений, подсчете запасов и планировании геолого-технических мероприятий (ГТМ).

Заключение. Трёхмерное геологическое моделирование основанное на дифференцировании карбонатных коллекторов позволит учитывать особенности внутреннего строения продуктивных горизонтов, в частности, сложнопостроенных карбонатных коллекторов смешанного типа. Эти модели отличаются от устаревших статичных моделей тем, что наиболее достоверно характеризуют динамическую связь продуктивности и проницаемости с пластовым давлением, а также будут надежным инструментом для решения многих проблемы регулирования разработки нефтяных залежей, приуроченных к карбонатным коллекторам сложного строения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закревский К.Е., Майсюк Д.М., Сыртланов В.Р. Оценка качества 3D моделей. – М. 2008.
2. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории// Москва «Недра» 1980.
3. Белозерова Б.В., Атлас типовых фаций М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 142 с.
4. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование //–М.: ООО ИПЦ МАСКА. – 2009.
5. Евсеева Г.Б. Условия осадконакопления и коллекторские свойства пород юрских карбонатных отложений Бухаро-Хивинского региона // - Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015.