

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2024.2.31-43>

EDN GNBLES

УДК 550.8.072

Опыт построения структурного каркаса геологической модели пластов покурской свиты на севере Западной Сибири

¹Кузив К.Б., ²Лейком Д.А.

¹ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

²ООО «Харампурнефтегаз», Тюмень, Россия

Experience in constructing a structural framework for a geological model of strata of the Pokur Formation in the north of Western Siberia

¹K.B. Kuziv, ²D.A. Leikom

¹Tyumen petroleum research center LLC, Tyumen, Russia

²Kharampurneftegaz LLC, Tyumen, Russia

E-mail: Kbkuziv@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. В работе проанализирован один из наиболее важных и сложных этапов построения геологических моделей Харампурского месторождения, напрямую влияющий на процесс выполнения подсчета запасов углеводородного сырья, планирование разработки нефтегазоносных залежей, а также оценку перспективных зон – создание структурного каркаса. Сейсмическая и геологическая корреляция пластов влияет, в первую очередь, на геометризацию известных залежей и распространение перспективных нефтегазоносных зон.

Сложность моделирования структуры покурских залежей связана с преимущественно континентальным генезисом отложений покурских пластов, которым обусловлена их высокая геологическая неоднородность и латеральная изменчивость разреза, находящая отражение в сейсмических разрезах. В статье описан процесс корреляции продуктивных пластов, методология сейсмических расчётов, а также алгоритм моделирования структурной основы залежей.

Материалы и методы. Результаты геофизических исследований скважин, а также данные геологической попластовой корреляции месторождения. Анализ структурных построений через линейную зависимость, через многомерную зависимость. Построение двумерных карт. Геологическое моделирование.

Ключевые слова: геологический разрез, Западная Сибирь, покурская свита, отражающий горизонт, кровля, структурный каркас

Для цитирования: Кузив К.Б., Лейком Д.А. Опыт построения структурного каркаса геологической модели пластов покурской свиты на севере Западной Сибири // Нефтяная провинция.-2024.-№2(38).-С. 31-43. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.2.31-43>. - EDN GNBLES

Abstract. The work analyzes one of the most important and complex stages of constructing geological models of the Kharampur field, which directly affects the process of calculating hydrocarbon reserves, planning the process of developing oil and gas deposits, as well as assessing promising zones - the creation of a structural framework. Seismic and geological correlation of layers affects, first the geometrization of known deposits and the distribution of promising oil and gas zones.

The complexity of modeling the structure of the Pokur deposits is associated with the predominantly continental genesis of the deposits of the Pokur strata, which determines their high geological heterogeneity and lateral variability of the section, which is reflected in seismic sections. The article describes the process of correlation of productive strata of the Pokur formation of continental origin, the methodology of seismic calculations, as well as an algorithm for modeling the structural basis of the pokur deposits.

Materials and methods. Results of geophysical surveys of wells, as well as data on geological layer-by-layer correlation of the field. Analysis of structural structures through linear dependence, through multidimensional dependence. Construction of two-dimensional maps. Geological modeling.

Key words: *geological section, Western Siberia, Pokurskaya suite, reflecting horizon, roof, structural frame*

For citation: K.B. Kuziv, D.A. Leikom Opyt postroyeniya strukturnogo karkasa geologicheskoy modeli plastov pokurskoy svity na severe Zapadnoy Sibiri [Experience in constructing a structural framework for a geological model of strata of the Pokur Formation in the north of Western Siberia]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(38), 2024. pp. 31-43. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.2.31-43>. EDN GNBLES (in Russian)

Введение

Харампурское нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное на территории Пуровского и Красноселькупского районов Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области, является уникальным по начальным геологическим запасам. Продуктивный разрез месторождения прослеживается в широком стратиграфическом диапазоне от верхнемеловых отложений березовской свиты до верхних пластов тюменской свиты юрского возраста.

Одной из основных задач при геологическом моделировании продуктивного разреза является построение структурного каркаса. В данной работе детально осветим опыт построения структурного каркаса пластов покурской свиты (группа ПК10-22).

Сложность геологической и сейсмической корреляции покурских залежей связана с преимущественно континентальным генезисом пластов группы ПК, которым обусловлена их высокая геологическая неоднородность и латеральная изменчивость разреза. Чтобы облегчить процесс корреляции покурских продуктивных пластов и прийти к единообразному подходу при создании структурного каркаса предложены специальные методические приемы и правила, описанные в данной статье.

Основные принципы корреляции пластов континентального генезиса на примере покурской свиты

Рассматриваемые отложения покурской свиты Харампурского месторождения формировались преимущественно в условиях континентальной или прибрежной флювиальной равнины, временами заливаемой морем. Согласно схемам Конторовича А.Э. и др. [1], во время формирования отложений изучаемый район представлял собой низменную аккумулятивную равнину с обильной растительностью (осадки русел, пойм, болот, озер), находящуюся вблизи границы с зоной переходного осадконакопления – прибрежной равниной, временами заливаемой морем (осадки: русловые, дельтовые, пойменные, озерно-болотные и др.). Временные наступления моря были довольно частыми и непродолжительными. Осадочный материал поступал преимущественно с восточной (северо-восточной, юго-восточной) стороны, а во время наступления моря происходило образование покровных пород, распространявшихся на сравнительно обширные территории.

Большинство тел коллекторов в покровных слоях имеют ограниченное площадное распространение и сложную гидродинамическую связь, многие

коллекторы разобщены и имеют различный генезис (русла, поймы, прирусловые бары, и т.д.). Основной задачей при выполнении геологической корреляции покурских пластов является поиск границ, которые могут служить гидродинамическими барьерами и могут быть прослежены на значительном расстоянии [2].

Кровля верхнего пласта покурского разреза ПК1 приурочена к границе подошвы кузнецовской свиты и кровле покурской свиты. Описанная граница однозначно выделяется по материалам ГИС: характерно значительное увеличение песчаности разреза, уменьшение значений методов ГИС ГК, ПС, ИК, увеличение значений БК, ПЗ. Пласт формировался в условиях завершения региональной регрессии моря, а его кровля приурочена к начальной стадии очередной масштабной трансгрессии. К кровле сеноманских отложений приурочен сейсмический опорный отражающий горизонт G.

Основными видами корреляционных реперов на изучаемой территории являются углисто-глинистые прослои, глинисто-карбонизированные пропластки, и чередование реперных интервалов (Рис. 1).

Углистый прослой, залегающий над пластом ПК18 в совокупности с залегающими под ним глинами, предположительно, образует отражающий горизонт M' (Рис. 1А).

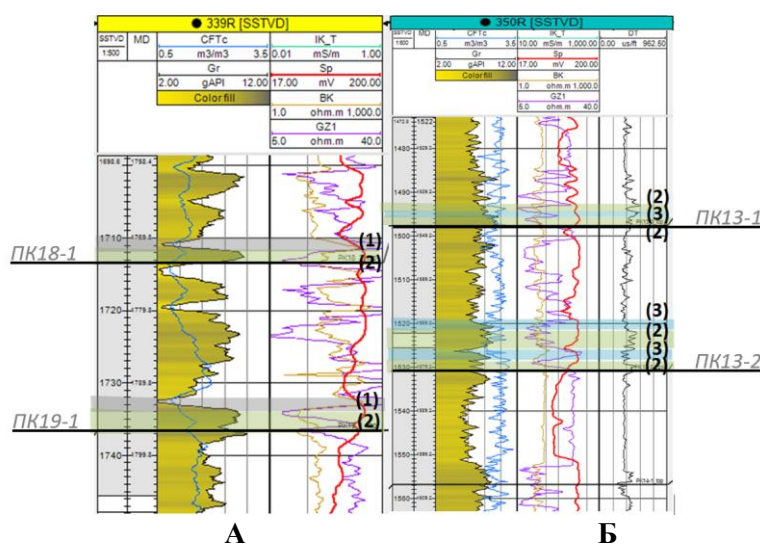


Рис 1. А) Скв. 339Р. Чередование глинисто(1)-углистых(2) прослоев в кровле пластов ПК19-1 ПК18-2 Б) Сква. 330Р. Чередование углистых(1) и карбонатистых(3) прослоев в кровле пластов ПК13-2 и ПК13-1

Особенности формирования покурских пластов в континентальных условиях, и характерный сглаженный рельеф равнины приводят к формированию преимущественно выдержанных по общей толщине пластов, что находит отображение на картах общих толщин (Рис. 2).

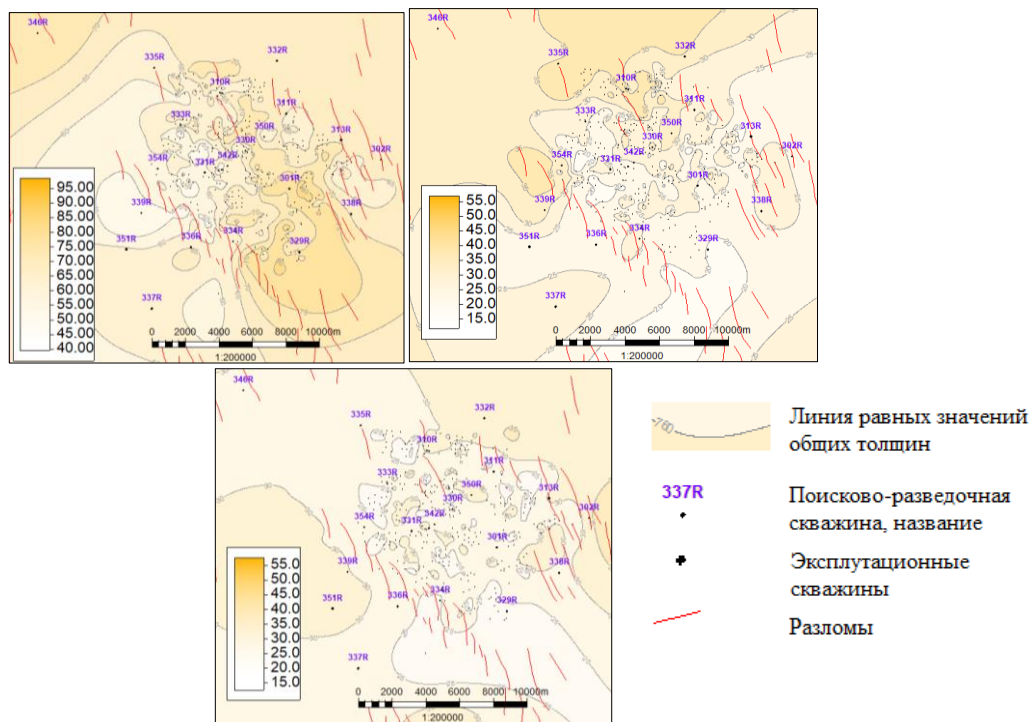


Рис 2. Карты общих толщин пластов ПК18 ПК19 ПК21

Подводя итоги данного этапа работ, можно резюмировать, что подход к межскважинной корреляции пластов ПК заключается в следующем:

- нахождение в разрезе литологических реперов, наиболее распространенных по площади, и определение их соответствия продуктивным пластам;
- выявление общих закономерностей строения продуктивной части разреза и характерных особенностей (реперы – глинистые прослой, угли);
- для участков, где выделенные основные реперы отсутствуют, необходимо подобрать локальные реперы, которые на изучаемой площади можно увязать с основными;
- прослеживание реперов по каротажам в ближайших скважинах с учетом изменчивости разреза в пределах территории работ;
- оценке карт общих толщин на выдержанность и относительную сглаженность мощности пластов.

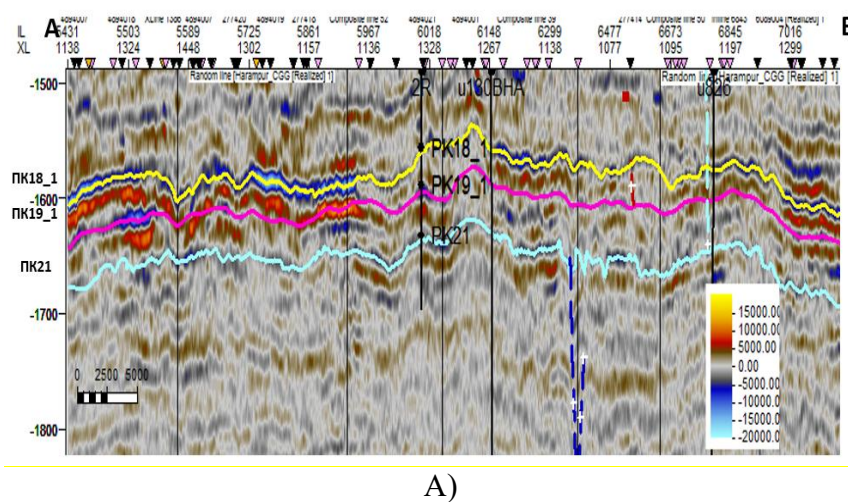
Расчёт структурных карт по основным отражающим горизонтам G, M'

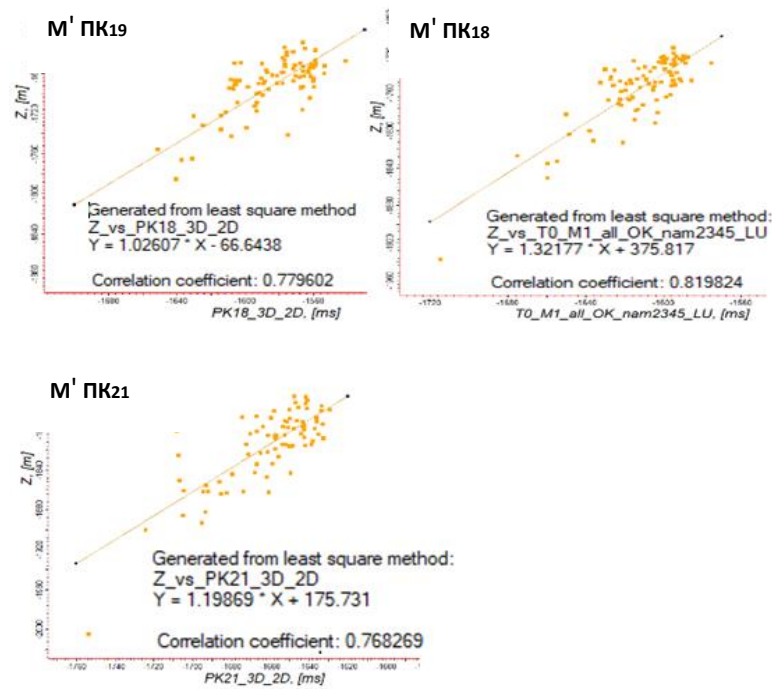
Основой для построения структурного каркаса является отражающий горизонт. Так как этаж для моделирования рассматриваемых отложений составляет более 800 метров и включает в себя более тридцати пластов, необходимо однозначно определиться с выбором опорных поверхностей.

Корреляция сейсмического горизонта G не вызывает сложностей, так как кровля комплекса ПК ярко выделяется на сейсмических разрезах и по скважинным данным.

Приурочить отражающий горизонт M' к кровле определенного пласта не представляется легкой задачей, так как геологическая и сейсмическая корреляция пластов ПК неоднозначна. Наиболее отчетливо по сейсмической картине выделяется комплекс пластов ПК18-21, где кровля продуктивных пластов ПК18, ПК19, ПК21 приурочена к яркой, наиболее выдержанной в разрезе отрицательной фазе (Рис. 3А).

С целью сравнения методов расчёта структурных карт был выполнен анализ структурных построений через линейную зависимость, средние и интервальные скорости. Лучший результат показала линейная зависимость по кровлям пластов (ПК18, ПК19, ПК21) (Рис. 3Б). В среднем стандартное отклонение по линейной зависимости «M' ПК18», «M' ПК19», «M' ПК21» составило 20 метров.





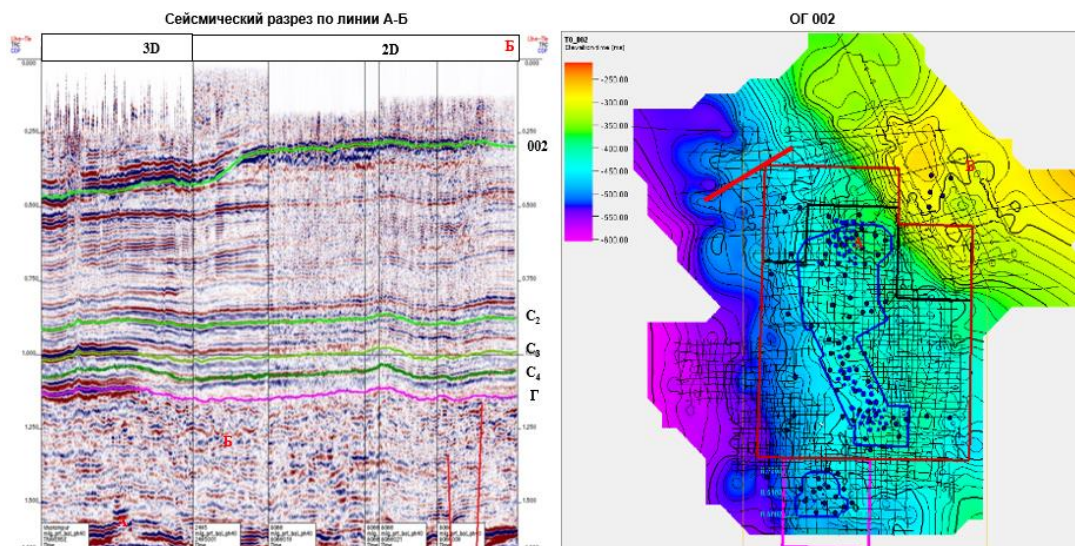
Б)

Рис 3. Композитный разрез (А); зависимость $Z = f(t_0)$ пластов ПК18, ПК19, ПК21 (Б)

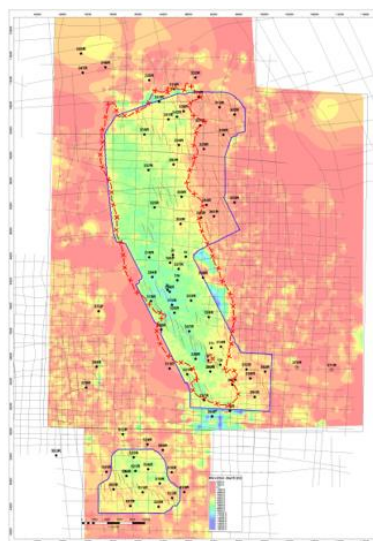
Для построения финальной поверхности отражающего горизонта авторами использована методика многомерной регрессии, с использованием скоростей миграции (V_{mig}). Данная методика является альтернативной традиционным, и заключается в оценки средней скорости до искомого отражающего горизонта по многомерной регрессии. Работа впервые использована в ООО «ТННЦ» в 2021 году, для расчёта ОГ С2. [3].

Для рассматриваемого разреза структурные карты отражающих горизонтов были построены с использованием прогнозных средних скоростей, полученных через трехмерную эмпирическую зависимость $V_{ср. \text{ прогн.}} = f(T_0, T_{0_002}, Nb_G_RMS)$. Для её реализации дополнительно по всему объему сейсмике 3D и 2D был прослежен ОГ условно названный «002», который наилучшим образом описывает изменение скоростей в верхней части разреза (ВЧР). В описанную зависимость, был добавлен атрибут Nb_G_RMS , который охватывает газовые залежи Березовской свиты и массивной газовой залежи ПК1 (Рис. 4).

Прогнозные глубины были получены путем перемножения времен ОГ на прогнозные скорости. Среднеквадратичное отклонение прогнозного значения глубин от абсолютных значений глубин, определенных по данным ГИС в точках скважин, при этом уменьшилось на 50 %.



А)



Б)

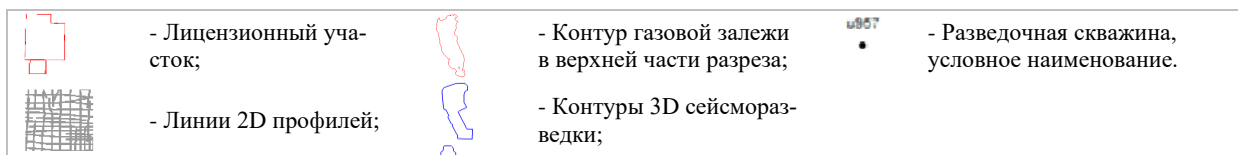


Рис 4. Переменные в уравнении трехмерной регрессии:

А) Сейсмический разрез с нанесенным ОГ «002» и 2D проекция ОГ «002» на участок моделирования; Б) Сейсмический атрибут Nb_G_RMS

Для повышения точности структурных построений кровли пластов ПК18, ПК19, ПК21 были построены с использованием прогнозных средних скоростей, полученных через трехмерную эмпирическую зависимость (Табл. 1).

Таблица 1

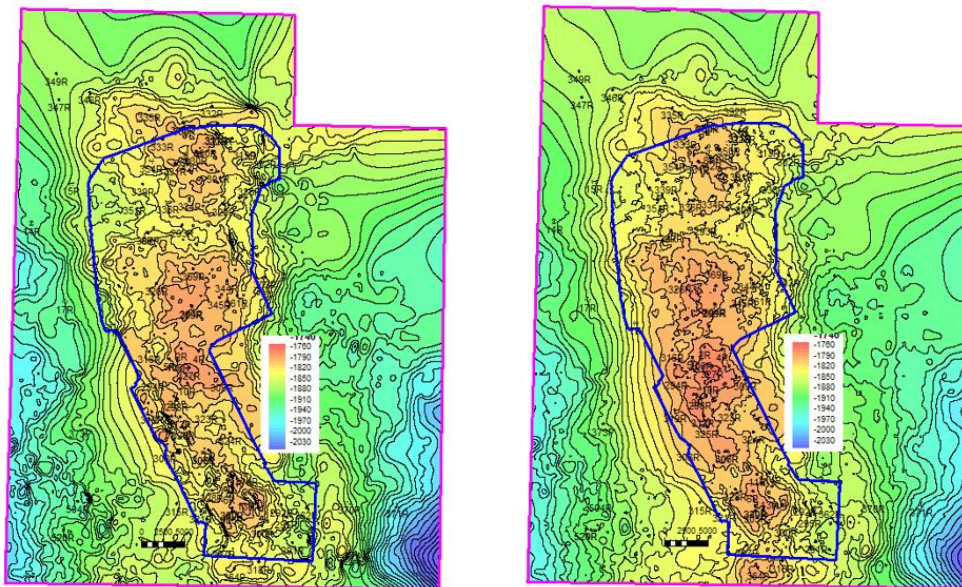
Расчет средней скорости (V_{sr}) по ОГ «М' ПК18», «М' ПК19», «М' ПК21»

Переменные	Коэффициенты		
	ОГ «М' ПК18»	ОГ «М' ПК19»	ОГ «М' ПК21»
Y-пересечение	3105,853	3689,841997	1850,450849
T0*X1	-0,718	-1,023487538	0,232346089
T0_002*X2	0,496	0,493839039	-0,021276788
Nb_G_RMS*X3	-0,008	-0,014135210	-0,007479862
Стандартное отклонение, м	10,5	11,3	9,4

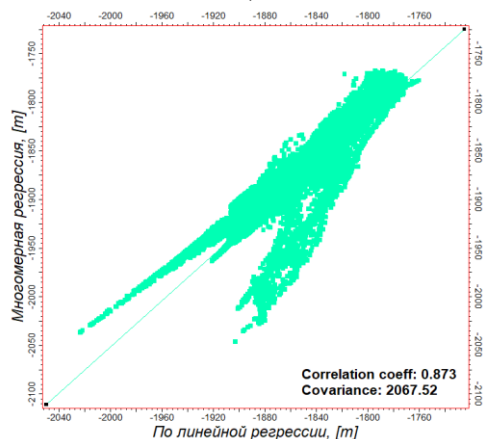
При использовании анализа данных по методу регрессии, получены коэффициенты для каждого элемента уравнения, участвующего в зависимости. Коэффициент корреляции (множественный R) выше 0,5 указывает на то, что данная математическая модель может быть использована для прогноза глубин ОГ.

Для расчётов средних скоростей использовано уравнение регрессии по каждому из рассматриваемых горизонтов. Затем через средние скорости были рассчитаны прогнозные глубины с учетом газовых залежей и ВЧР. По результатам расчётов стандартное отклонение по всем ОГ снизилось, а наименьшая величина стандартного отклонения (9,4 м) и наиболее однозначная сейсмическая корреляция наблюдается по ОГ «М' ПК21». Кровля пласта ПК21 принята в качестве отражающего горизонта М' для дальнейших структурных построений (Рис. 5).

Структурная карта по линейной регрессии Структурная карта по многомерной регрессии



А)



Б)

Рис 5. А) Сопоставление структурных карт кровли пласта ПК21 (ОГ М');

Б) Кросс-плот сопоставление представленных карт

Алгоритм моделирования

Для построения структурного каркаса использованы два отражающих горизонта: G (ПК1) и М' (ПК21). Комплекс продуктивных пластов для моделирования ПК10–ПК22.

Так как погрешность в определении отражающего горизонта М' довольно высока, и расстояние между ближайшими отражающими горизонтами в интервале моделирования приближается к 800 м., принято решение построить часть вышележающих структурных поверхностей от ОГ G, а нижележа-

ющие пласты от ОГ М' во избежание комплексирования погрешности определения структурных поверхностей в межскважинном пространстве. Построение промежуточной поверхности ПК12-3-2 (абсолютные отметки кровли данного пласта находится условно между описанных отражающих горизонтов) выполнено с учетом двух ОГ G и ОГ М'.

Алгоритм реализации структурного каркаса трёхмерной геологической модели заключался в комплексировании подготовленной информации:

1. Построение карт общих толщин по каждому из продуктивных пластов, в том числе по комплексу пластов ПК1- ПК10;
2. Подсадка отражающих горизонтов на стратиграфические разбивки;
3. Построение структурных поверхностей от ОГ G (ПК1) до кровли пласта ПК₁₂₋₃₋₂ методом схождения «сверху-вниз» и подсадка поверхностей на стратиграфические маркеры;

4. Построение структурных поверхностей от ОГ М' (ПК21) до кровли пласта ПК22 методом схождения «сверху-вниз» и подсадка поверхностей на стратиграфические маркеры;

5. Построение структурных поверхностей от ОГ М' (ПК21) до кровли пласта ПК12-3-2 методом схождения «снизу-вверх» и подсадка поверхностей на стратиграфические маркеры (Рис. 6);

6. Для принятия итоговой поверхности кровли пласта ПК12-3-2 необходимо сложить в модуле поверхности, построенные от G (ПК1) и от М' (ПК21). Затем разделить полученную сумму на 2 и подсадить полученную поверхность на стратиграфические маркеры кровли пласта ПК12-3-2 (Рис. 7). Так, финальная поверхность ПК12-3-2 построена одновременно от двух используемых отражающих горизонтов.

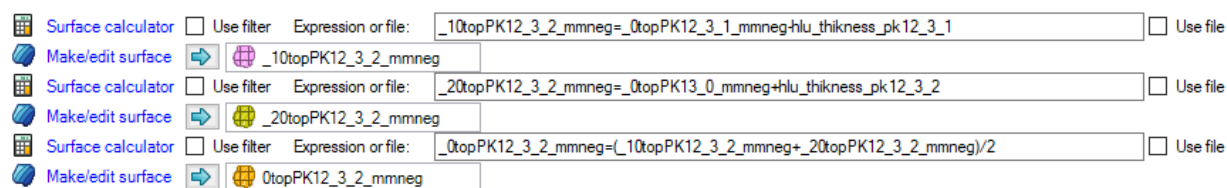


Рис 6. Фрагмент Workflow, описывающий построение структурной поверхности ПК12-3-2 от G (ПК1) и от М' (ПК21)

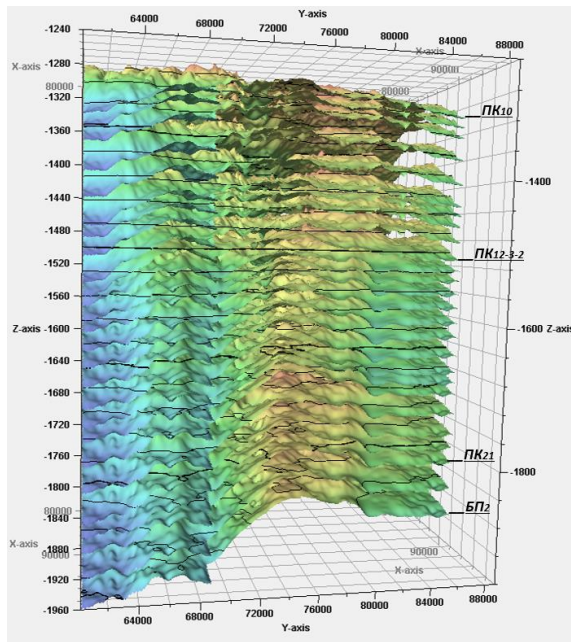


Рис 7. Фрагмент структурного каркаса ПК10- ПК22

Выводы

– Задача межпластовой геологической корреляции сводится к поиску локальных литологических реперов, выделяющихся в соседних скважинах. Проверка корреляции заключается в оценке общих толщин рассматриваемых пластов на выдержанность, сглаженность и соответствие концепции формирования отложений.

– Для определения глубин отражающих горизонтов через средние скорости авторами использован метод многомерной регрессии, учитывающий верхнюю часть разреза и влияние вышележающих газовых залежей. В результате применения выбранного метода получили среднеквадратичное отклонение прогнозных глубин от стратиграфических разбивок в точках скважин на 50 % ниже по сравнению с погрешностью, полученной при стандартной методике построения $Z = f(t_0)$.

– Методика моделирования структурных поверхностей рассматриваемого интервала покурских отложений сводится к использованию метода схождения от двух отражающих горизонтов «М» и «G». Карта кровли пласта ПК12-3-2, находящаяся по глубине фактически посередине моделируемого интервала, построена сразу от двух отражающих горизонтов.

Список литературы

1. Конторович А.Э., Ершов С.В., Казаненков Ю.Н и др. Палеогеография Западно- Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 5–6. С. 745–776. <https://doi.org/10.15372/GiG20140504>
2. Кузив К. Б. Особенности подхода к межпластовой корреляции покурских пластов Харампурского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2022 №6. С. 24-29. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-6-24-29
3. Нехорошков А.М., Новокрецин А.В. Опыт повышения точности структурных построений целевого горизонта с учетом промежуточного отражающего горизонта // Экспозиция Нефть Газ. 2023 №8 (101). С. 20-24. DOI:10.24412/2076-6785-2023-8-20-24

References

1. Kontorovich A.E., Ershov S.V., Kazanenkov nY.N., et al., Paleogeography of the West Siberian Sedimentary Basin in the Cretaceous // Geol. 2014. V. 55, No. 5–6. pp. 745–776. <https://doi.org/10.15372/GiG20140504> (in Russian)
2. Kuziv K. B. Features of the approach to interlayer correlation of the pokur reservoirs of the Kharampur field. // Exposition Oil Gaz, issue 6, P. 24-29. / DOI: 10.24412/2076-6785-2022-6-24-29 (in Russian)
3. Nekhoroshkov A.M., Novokreshchin A.V. Experience in increasing the accuracy of structural constructions of the target horizon taking into account the intermediate reflecting horizon // Exposition Oil Gas. 2023 No. 8 (101). pp. 20-24. DOI:10.24412/2076-6785-2023-8-20-24 (in Russian)

Сведения об авторах

Кузив Ксения Богдановна, главный специалист УГРМ Востока ЯНАО,
ООО «Тюменский нефтяной научный центр
Россия, 625002, Тюмень, ул. Осипенко, 79/1
E-mail: Kbkuziv@tnnc.rosneft.ru

Лейком Дарина Александровна, специалист управления геологии и лицензирования,
ООО «Харампурнефтегаз»
Россия, 625023, Тюмень, ул. Одесская, 7б
E-mail: LeykomDA@kharampurneftegaz.ru

Autors

K.B. Kuziv, chief specialist UGRM of the East of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug,
Tyumen petroleum research center LLC
79/1, Osipenko Str., Tyumen, 625002, Russian Federation
E-mail: Kbkuziv@tnnc.rosneft.ru

D.A. Leikom, specialist, Geology and Licensing Department, Kharampurneftegaz LLC
7b, Odesskaya Str., Tyumen, 625023, Russian Federation
E-mail: LeykomDA@kharampurneftegaz.ru

Статья поступила в редакцию 13.04.2024
Принята к публикации 19.06.2024
Опубликована 30.06.2024