Наука — виробництву

УДК 550.834

DOI: 10.31471/1993-9973-2020-4(77)-50-61

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ АЛГОРИТМ РАНЖУВАННЯ ПРОЄКТНИХ ПОШУКОВИХ СВЕРДЛОВИН, ЯКІ ОДНОЧАСНО РОЗКРИВАЮТЬ ПАСТКИ СТРУКТУРНОГО, ЛІТОЛОГІЧНОГО ТА ЗМІШАНОГО ГЕНЕЗИСУ (В МЕЖАХ ПІВНІЧНОГО БОРТУ ДДЗ)

¹І. Л. Михалевич, ²П. М. Кузьменко, ²С. Л. Архіпова, ²А. П. Тищенко

¹ ТОВ «КУБ-ГАЗ»; вул. Рилєєва, 10а, м. Київ, 04073, Україна,
e-mail: igor.mykhalevych@ukr.net

² ДП «Науканафтогаз»; вул. Київська, 8, м. Вишневе, Київська область, 08132, Україна,
e-mail: kuzmenko@naukanaftogaz.kiev.ua, tyshchenko@naukanaftogaz.kiev.ua,
arkhipova@naukanaftogaz.kiev.ua

Наведено альтернативний алгоритм ранжування проєктних пошукових свердловин, які, відповідно до моделі, одночасно розкривають пастки структурного, літологічного та змішаного генезису (в межах північного борту ДДЗ). Варто зазначити, що даний підхід може застосовуватись виключно тоді, коли із сейсмічними даними проведено кількісну та якісну інтерпретацію і накопичено значний статистичний свердловинний матеріал (петрофізична характеристика та результати випробувань). В основу алгоритму ранжування покладено вплив структурного фактору, фактору аномалій у сейсмічному хвильовому полі та фактору коефіцієнту запасів. Кожен з цих показників проаналізований з точки зору вагомості його впливу на загальне ранжування свердловин. Найбільш вагомим, звісно, є структурний фактор, а літологічні об'єкти, виділені за результатами AVO-досліджень та стохастичної інверсії, йому підпорядковуються. Для вирішення вагомості кожного окремого об'єкту введено фактор коефіцієнту запасів. До прикладу, якщо горизонт позитивно характеризується за структурним фактором та по ньому отримано позитивний літологічний відгук, однак виділений він у горизонті з незначним видобутком та ресурсною базою, то він не матиме суттєвого впливу на загальну перспективність свердловини з мультигоризонтними перспективами. Відзначено, що наведені в статті аналітичні матеріали потребують ручного керування та аналітичних досліджень через призму знання геології об'єкту досліджень, особливостей геофізичних полів та інших геолого-промислових особливостей кожного окремого району. Також вони повинні враховувати гідродинамічну модель родовища, на якому (чи поруч з яким) закладаються пошукові свердловини. Наведено послідовний алгоритм з великою кількістю викладок, що демонструють стабільність процесу. Запропонований узагальнений підхід може успішно використовуватись як альтернативний для вирішення задач ранжування проєктних пошукових свердловин в інших нафтогазоносних регіонах України при виборі об'єктів для буріння в межах ще не опішуканих блоків поруч з уже розвіданими та відомими родовищами.

Ключові слова: ранжування проєктних свердловин, структурний фактор, фактор аномалій, коефіцієнт запасів.

Приведен альтернативный алгоритм ранжирования проектных поисковых скважин, которые, согласно модели, одновременно раскрывают ловушки структурного, литологического и смешанного генезиса (в пределах северного борта ДДЗ). Стоит отметить, что данный подход может применяться исключительно после проведения количественной и качественной интерпретации сейсмических данных и накопления

значительного объема статистического скважинного материала (петрофизическая характеристика и результаты испытаний). В основу алгоритма ранжирования положены влияние структурного фактора, фактора аномалий в сейсмическом волновом поле и фактора коэффициента запасов. Каждый из этих показателей проанализирован с точки зрения значимости его влияния на общее ранжирование скважин. Наиболее весомым, конечно же, является структурный фактор, а литологические объекты, выделенные по результатам AVO-исследований и стохастической инверсии, ему подчиняются. Для выделения значимости каждого отдельного объекта введен фактор коэффициента запасов. К примеру, если горизонт положительно характеризуется по структурному фактору и по нему получен положительный литологический отзыв, однако выделен он в горизонте с незначительной добычей и ресурсной базой, то он не будет иметь сильного влияния на общую перспективность скважины с мультигоризонтными перспективами. Отмечено, что приведенные в статье аналитические материалы требуют ручного управления и аналитических исследований сквозь призму знания геолога объекта исследований, особенностей геофизических полей и других геолого-промышленных особенностей каждого отдельного района. Также они должны учитывать гидродинамическую модель месторождения, на котором (или рядом с которым) закладываются поисковые скважины. Приведен последовательный алгоритм с большим количеством выкладок, демонстрирующий стадийность процесса. Предложенный обобщенный подход может, в качестве альтернативы, успешно использоваться для решения задач ранжирования проектных поисковых скважин в других нефтегазоносных регионах Украины при выборе объектов для бурения в пределах еще не опробованных блоков рядом с уже разведанными и известными месторождениями.

Ключевые слова: ранжирование проектных скважин, структурный фактор, фактор аномалий, коэффициент запаса.

The article dwells upon the alternative algorithm of ranging the project prospecting wells which according to their models should simultaneously penetrate the traps of structural, lithological and mixed origins (within the Northern Edge of Dnieper-Donets Rift). It should be mentioned that such approach can be applied only when seismic data were undergone qualitative and quantitative interpretation and when substantial static well materials have become available (petrophysical parameters and test data). The ranging algorithm is based on the influence of the following factors: structural factor, availability of anomalies within the seismic-wave field and the reserves factor. Each of these parameters has been analyzed from the point of view of importance of its influence on the well ranging. Naturally, the structural factor is the most important one, while lithological objects identified with the help of the results of AVO research and stochastic inversion, are the subordinate factors. In order to define the importance of each separate object, the reserves factor has been introduced. For instance, if the horizon is positive in terms of having the structural factor, and has got the lithological response, but it has been identified within the low production horizon and small resources zone, it will not make any serious impact on productivity of the multihorizontal well. It has been emphasized that materials set out in the Article require manual tuning and analytical research to be performed through the prism of knowledge on the object's geological features, geophysical field parameters and other geological and producing features in each separate region. In addition, hydrodynamic model of the field, on which, or close to which the prospecting wells will be located, should be taken into consideration. The Article contains a sequential algorithm entailing many computations demonstrating the stages of this process. The proposed general approach can be used as an alternative method for successful solving of tasks on ranging the project prospecting wells in other oil and gas producing regions of Ukraine for the purpose of choosing the drilling objects within the block which have not been prospected yet, but located close to the developed and known fields.

Key words: project wells ranging, structural factor, factor of anomaly presence, reserves factor.

Вступ

Буріння пошукових свердловин на нафту та газ завжди пов'язане з великими ризиками. Основна функція геолога у цій царині – це мінімізація геологічних ризиків (чи управління ними), максимальне однозначне та збалансоване ранжування об'єктів і проектних свердловин, визначення раціональної черговості буріння залежно від конкретної кон'юнктури ринку.

В даній статті мова піде про проблематику вибору об'єктів для пошукового буріння в межах однієї з ділянок північного борту ДДЗ в умовах достатньої розбуреності площі. У цій статті наведено альтернативний алгоритм для вирішення таких завдань через структурний фактор, фактор аномалій у сейсмічному хвилю-

вому полі та коефіцієнт запасів (і лише в останньому з них елемент суб'єктивізму є мінімальним). Безумовно, всі наведені математичні викладки потребують ручного керування та аналітичних досліджень через призму знання геології об'єкту досліджень, геофізики та особливостей кожного окремого району. Проте, загальні ідеї та погляди, викладені у цій статті, можуть, як альтернатива, успішно використовуватись для вирішення аналогічних задач і в інших регіонах.

Характеристика об'єкта досліджень

Площа ділянки дослідження складає близько 90 км². Орієнтовно 25 % площі займає антикліналь, яка достатньо добре розбурена і

перебуває на завершальній стадії експлуатації. Практично весь її залишковий потенціал можна відобути діючим фондом свердловин. 3D сейсмікою покрито 69 км² площі. Зроблено її структурно-тектонічну інтерпретацію з виділенням 16 реперних горизонтів, проведено AVO-аналіз [2, 5] та сейсмічну інверсію [3].

В межах площі дослідження пробурено 17 свердловин. Практично в кожній з них було отримано промислові дебіти газу, здебільшого у теригенних, значно менше – у карбонатних відкладах. Основна їх маса зосереджена в межах згаданої вище антикліналі (15) у північно-західній частині ділянки. Фонд працюючих свердловин – 13 (у більшості з них є об'єкти для переходів, повернення або окремо-роздільної експлуатації).

На даний час, видобуток проводиться з дев'яти горизонтів : С-6б, Б-8-9а, Б-7б, Б-7в, Б-6б, Б-3б, Б-2а, Б-1г, Б-1б. З різних причин ще понад 50 горизонтів із незначною потужністю (до 5 м) не перебувають в розробці, оскільки більшість з них не можуть бути ідентифіковані методами прогнозування за сейсмічними та свердловинними даними.

Основний регіональний горизонт (пісковик) – Б-7б, розробляється одночасно шістьма свердловинами. Всі інші поклади експлуатуються здебільшого однією (максимум двома) свердловиною.

Контур ліцензійної ділянки, схема покриття 3D сейсмікою та пробурені свердловини відображено на структурній карті горизонту Б-7б (див. рис.1).

Через особливості літології AVO-аналіз у цьому регіоні спрацьовує здебільшого в московських теригенних відкладах: вони залягають на менших глибинах та менш консолидовані. Умова для стійкого простеження та виділення AVO-аномалій (пористість більше 12-15 % та потужність в межах 15-20 м) в даному районі є проблематичним. Окрім того, закордонними компаніями було виділено значну кількість амплітудних аномалій у сейсмічному хвильовому полі за підсумованим сейсмічним кубом 3D. Деякі з них не узгоджуються зі структурним фактором, також вони не проаналізовані відповідно до підходів пре-стек аналізу сейсмічних даних (AVO-аналіз, пре-стек сейсмічні інверсії. Однією з основних проблем даної площі є тонкошаруватість та латеральна літологічна мінливість розрізу, малі ефективні газонасичені товщини, що лежать на межі роздільності сейсмічного методу, або, як правило, поза нею.

Відповідно було реалізовано проєкт з виконання стохастичної інверсії. Синхронна сто-

хастична інверсія мала на меті підвищити роздільну здатність прогнозу по вертикалі та по латералі з метою висвітлення змін властивостей пластів по горизонталі та прогнозу ділянок ймовірного вуглеводневого насичення в тонкошаруватому, літологічно мінливому розрізі.

Загалом опрацьовано даних сейсмічних досліджень 100 км² території, результати геофізичних досліджень низки свердловин, зокрема дані акустичного (кросдипольного) та щільнісного каротажу, дані по V_p та V_s . Застосовано методи кросплотингу за даними V_p/V_s та значень акустичного імпедансу для виокремлення зон з ймовірним вуглеводневим насиченням [1, 4].

Використовуючи два набори вищезазначених даних, а також маючи інформацію про те, які саме горизонти є газоносними, було наближено роздільну здатність сейсміки до роздільної здатності свердловин і потім прослідковано уже відомі нам газоносні горизонти з незначною потужністю далі по площі, виходячи за межі уже розвіданого і вичерпаного північно-західного блоку площі (антикліналь). Було враховано фактори газонасичення та літологічної мінливості. Паралельно з роботами по інверсії була переглянута і структурно-тектонічна модель площі.

Вихідною інформацією для початку робіт з ранжування пошукового буріння були:

- 1) оновлена структурно-тектонічна модель;
- 2) підсумки стохастичної інверсії по одинадцяти горизонтах (Probability, CrossPlot значень, V_p/V_s) – М-3, М-4, М-6, М-7, Б-1, Б-3, Б-6, Б-7, Б-8-9, Б-10, С-6;

3) у дев'яти свердловинах для пошукового буріння кожен окремий поклад може бути виділений або за структурним фактором, або виключно за фактором аномалії, або за їх комбінацією (що є оптимальним варіантом).

Це умовні свердловини 118, 117, 116, 115, 114', 113', 112, 29'', 28. Приклади зіставлення структурних карт та виділених аномалій у горизонтах М-4, Б-7 та С-6 наведено на рис. 2, 3, 4.

Таким чином, в даній статті вирішуються такі питання:

Що робити в такій ситуації, коли потрібно узгодити різні за потенційно продуктивними горизонтами свердловини, в яких кожен з горизонтів має різний потенціал в іншій локації відповідно до структурного фактору та фактору виділених аномалій?

Як порівняти перспективи цих різномірних об'єктів у кожній свердловині та потім визначитись з пріоритетністю буріння?

Рисунок 1 – Структурна карта горизонту Б-76 з головними структурними елементами та мережею 3Д спостережень

Рисунок 2 – Фрагмент структурної карти з виділеними аномаліями по горизонту М-4

Рисунок 3 – Фрагмент структурної карти з виділеними аномаліями по горизонту Б-7

Горизонт С-6

Рисунок 4 – Фрагмент структурної карти з виділеними аномаліями по горизонту С-6

Альтернативний алгоритм ранжування проєктних свердловин

На першому етапі було вирішено визначити три пріоритетні свердловини для буріння. Після аналізу всієї інформації було прийнято рішення застосувати три критерії для ранжування свердловин: структурний фактор, фактор аномалій та коефіцієнт запасів. Як це працює? Який алгоритм процесу?

- Структурний фактор (С.ф.). Якщо він односторонній – то це 65 % від 100, якщо спірний – то 32.

- Фактор аномалій (А.ф.). Його вплив на наявність покладу ми вирішили обмежити 35 %, і далі, якщо свердловина потрапляє в аномалію за Probability, то ймовірність існування цієї аномалії – 80 %, якщо за CrossPlot – 60%, якщо за V_p/V_s – 50 %. Відповідно множенням 35 % на 0,8, на 0,6 та 0,5 отримуємо 28 % (якщо свердловина в аномалії Probability), 21 % (якщо свердловина в аномалії CrossPlot) та 18 % (якщо свердловина в аномалії V_p/V_s , або розташована поруч з нею).

Так, всі неструктурні аномалії за можливістю існування в них покладу диференцію-

ються найкраще. Варто зазначити, що аномалії виділялись інтегрально. Окреслювалась товща горизонту (у неї входять всі підгоризонти від *a* до *d*). Якщо в цій товщі є хоч один газonosний (чи газоводonosний) пласт товщиною від 2 м і більше, то алгоритм стохастичної інверсії ідентифікує його як потенційно газonosний (в даному розрізі AVO працює з товщинами понад 10 м). Відповідно, в різних точках аномалії ми можемо мати її від різних горизонтів. Скажімо, від М-4а або від М-4б окремо, а ототожнюємо аномалію на карті, як від єдиного М-4.

При детальному аналізі (його елементи будуть наведені у статті нижче) було прийнято рішення для нейтрального та песимістичного варіантів градації – відкинути аномалії в горизонтах М-7 та Б-8-9 (як неоднозначні та складні для правильної інтерпретації), та аномалії в горизонті Б-10 (вапняк), оскільки вони виділені за акустичним імпедансом і є, здебільшого, характеристикою літології, а не насичення. Загальна оцінка фактору аномалій наведена у таблиці 1.

Коефіцієнт запасів (К.з.) – від 100. Були підсумовані всі запаси по обраних 11 горизонтах. Їх сумарне значення – це 100 %. Далі для

Таблиця 1 – Фактор аномалій по 9 свердловинах та 11 горизонтах

Продуктивні гор. / свердл.	Фактор аномалій								
	117	116	115	118	113'	114'	112'	28	29'
М3	-	-	-	-	-	+(21)	-	+	-
М4	+	+/- (21)	+/-	+	+	+(28)	+/-	+	-
М6	+	-	-	-	-	+(18)	+	+	-
М7	-	+(28)	+	+/-	+/-	+/- (21)	+	+/-	+(28)
В1	-	-	-	-/+	+	-	+	-	-
В3	+	+(21)	+	-	-	-	+/-	+	-
В6	+/-	+(21)	-	-	-	-/+	-	+	-
В7	+/-	+(28)	+	+	+	-	+/-	+	+(28)
В8-9	-	-	+	-	-	-	+	-	+(21)
В10	-	-	-	-	+	+(21)	-	+	+(21)
С6	-	+/- (21)	+	+	-	+(21)	+	-	+(21)
Кількість попадань перетинів вертикальною свердловиною	5	6	6	5	5	7	8	8	5

+ потрапляє

+/- частково потрапляє, знаходиться на межі аномалії

-/+ знаходиться близько до аномалії або частково потрапляє

- не потрапляє

Таблиця 2 – Фактор величини коефіцієнту запасів станом на 01.01.2019 року, використані в роботі

Горизонт	Запаси (клас 111-122)+видобуток, млн. м ³	% від загального обсягу
М3	24	1.43
М4	24	1.43
М6	236.6	14.1
М7	15	0.89
В1	87.412	5.21
В3	70.543	4.21
В6	274.627	16.37
В7	654.492	39.01
В8-9	183.413	10.93
В10	12	0.72
С6	95.502	5.69
Сума	1677.589	100

зручності вони були перетворені на коефіцієнти (залежно від запасів кожного горизонту). Чим більші запаси кожного горизонту, тим більший вплив на загальний коефіцієнт перспективності свердловини вони мають. Остаточні результати за коефіцієнтом запасів наведені у таблиці 2.

Сума балів перспективності кожного окремого горизонту (S) в кожній окремій свердловині розраховується за формулою (С.ф. + А.ф.) x К.з. Далі для кожної окремої свердловини вони підсумовуються у загальний бал і, таким чином, формують ранжування пріоритетності буріння свердловин. Проте загальний бал кожної свердловини не враховує гідродинаміки та виснаження деяких покладів. Саме тому свердловини 28 та 112', попри найвищий

бал у фінальному ранжуванні, не можуть бути на перших місцях для пошукового буріння.

Наслідком робіт першого етапу стали таблиці 3 та 4 з підсумковим ранжування дев'яти свердловин за трьома критеріями та алгоритмом, що були детально описані вище.

Головні висновки після першого етапу робіт є наступними:

1. Існує певний залишковий потенціал свердловин 28 та 112' для дорозвідки покладів, що вже перебувають в експлуатації, але, не зважаючи на високі бали, більшість горизонтів тут уже виснажені, що доводять дані промислової розробки та гідродинамічного моделювання. Тобто це свердловини 2-ої черги.

Таблиця 3 – Результати аналізу свердловин за трьома критеріями (перша частина)

Продуктивні гор. / свердл	117				116				115				118				113'			
	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S
фактор																				
M3	0	0	0,014	0	0	0	0,014	0	0	0	0,014	0	32	0	0,014	0,448	32	0	0,014	0,448
M4	0	28	0,014	0,392	65	21	0,014	1,204	0	21	0,014	0,294	32	21	0,014	0,742	32	28	0,014	0,84
M6	0	18	0,141	2,538	65	0	0,141	9,165	0	0	0,141	0	32	0	0,141	4,512	32	0	0,141	4,512
M7	0	0	0,0089	0	32	28	0,0089	0,534	0	28	0,0089	0,249	0	21	0,0089	0,187	32	21	0,0089	0,472
B1	0	0	0,052	0	32	0	0,052	0,896	0	0	0,052	0	0	0	0,052	0	32	21	0,052	2,756
B3	0	21	0,042	0,882	0	21	0,042	1,664	0	21	0,042	0,882	0	0	0,042	0	0	0	0,042	0
B6	0	21	0,164	3,444	0	21	0,164	3,444	0	0	0,164	0	0	0	0,164	0	0	0	0,164	0
B7	0	21	0,39	8,19	0	28	0,39	10,92	0	21	0,39	7,56	0	21	0,39	8,19	0	28	0,39	10,92
B8-9	0	0	0,109	0	0	0	0,109	0	0	21	0,109	8,19	0	0	0,109	0	0	0	0,109	0
B10	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0	0	21	0,0072	0,151
C6	0	0	0,057	0	0	21	0,057	1,197	32	21	0,057	3,021	0	21	0,057	1,197	32	0	0,057	1,824
Заг. бал				15,446				29,024				20,196				15,276				21,923

Таблиця 4 – Результати аналізу свердловин за трьома критеріями (друга частина)

Продуктивні гор. / свердл	114'				112'				28				29'			
	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S
фактор																
M3	65	21	0,014	1,204	65	18	0,014	1,162	65	21	0,014	1,204	0	0	0,014	0
M4	32	28	0,014	0,84	65	18	0,014	1,162	32	28	0,014	0,84	65	0	0,014	0,91
M6	65	18	0,141	11,703	65	21	0,141	12,126	65	18	0,141	11,703	65	0	0,141	9,165
M7	65	18	0,0089	0,739	65	28	0,0089	0,828	65	18	0,0089	0,739	65	28	0,0089	0,828
B1	65	0	0,052	3,38	65	21	0,052	4,472	65	0	0,052	3,38	65	0	0,052	3,38
B3	32	0	0,042	1,344	65	18	0,042	3,486	65	21	0,042	3,612	65	0	0,042	2,73
B6	32	21	0,164	8,692	65	0	0,164	10,66	65	21	0,164	14,104	65	0	0,164	10,66
B7	65	0	0,39	25,35	65	28	0,39	36,27	65	28	0,39	36,27	0	28	0,39	10,92
B8-9	65	0	0,109	7,085	65	28	0,109	10,137	65	18	0,109	9,047	0	21	0,109	2,289
B10	65	21	0,0072	0,62	65	0	0,0072	0,468	65	21	0,0072	0,62	0	21	0,0072	0,151
C6	65	21	0,057	4,902	0	21	0,057	1,197	65	0	0,057	3,705	0	21	0,057	1,197
Заг. бал				65,859				81,968				85,224				42,23

2. Необхідно виходити за межі вже розбуреної антикліналі та бурити одну із трьох пошукових свердловин: 29', 116, 114'. Кожна з свердловин опощує різні об'єкти, тому не залежить одна від одної. Тож в ідеалі мали б бути пробурені всі ці три свердловини. Питання лише в черговості.

3. На другому етапі робіт перейти до глибшого аналізу свердловин 114', 29' та 116.

Головною ідеєю другого етапу було створення трьох сценаріїв комбінацій структурного фактору, фактору аномалій та коефіцієнту запасів – оптимістичного, нейтрального та песимістичного для трьох пріоритетних свердловин, обраних на першому етапі. Коефіцієнт запасів є сталою величиною, що ж до фактору аномалій, то в нейтральному та песимістичному варіантах для свердловин 114', 29' та 116 відкидалися аномалії по горизонтах М-7, Б-8-9 та Б-10. Для свердловини 114' в песимістичному варіанті також були відкинуті горизонти М-3 та Б-6б через близьке їх розташування до умовного газоводяного контакту.

Найскладніше було визначитись із структурним фактором. Важко було виокремити зону спільного погляду на нього. Для додаткового незалежного аналізу щодо питання ранжування свердловин було залучено сім експертів зі стажем роботи в нафтогазовій галузі понад 10 років. Вони показали доволі різний погляд на структурні побудови по обраних одинадцяти ключових горизонтах, що підтвердило складність району та змусило детально проаналізувати комбінацію структурних карт та розрізів. У підсумку, в оптимістичному, нейтральному та песимістичному варіантах авторами змодельовано найбільш правильні, на їх особистий погляд, підходи до використання структурного фактору. Погляди на структурний фактор різних фахівців відображено в таблицях 5, 6 та 7.

В процесі аналізу структурного фактору, через інколи спірні погляди на інтерпретацію структурної моделі, було прийнято рішення про її перегляд за деякими з ключових горизонтів, і вже після цього було сформульовано остаточне бачення щодо того, як використовувати структурний фактор в оптимістичному нейтральному та песимістичному варіантах. Остаточне бачення було закладено в підсумкову модель, яка представлена у таблицях 8, 9 та 10.

Результати робіт другого етапу представлені у таблиці 11, яка яскраво демонструє оптимальне ранжування, щодо пріоритетності буріння свердловин 114', 29' та 116.

Як видно з підсумкової таблиці, найбільш перспективними свердловинами для пошукового буріння є 114' та 29'. Високий бал перспективності свердловини 116 в песимістичному варіанті пояснюється тим, що вона знаходиться в іншому блоці, де ще немає свердловин і, відповідно, немає таких обмежуючих факторів, як, наприклад, ГВК чи дренавання іншими свердловинами. Також валідація свердловини 116 потребує більш детального аналізу структурного фактору та, можливо, повторної обробки сейсміки з більш детальним аналізом статичних поправок. Попри незначну перевагу у песимістичному варіанті свердловини 29', свердловина 114' за більшістю факторів та параметрів виглядає кандидатом №1 для пошукового буріння на цій площі і її очевидним бонусом є ймовірне руслове тіло із структурним контролем (горизонт М-4), у якому очікуються збільшені потужності та пористість (від 20 м та 20 % відповідно). Незважаючи на другу позицію, свердловина 29' теж має високий пріоритет для буріння, оскільки розкриває інший від 114' фланг головної антикліналі, та має непогані перспективи в горизонті Б-7, який на родовищі характеризується найбільшими запасами та кумулятивним видобутком.

Висновки

Стосовно викладеного у даній статті матеріалу, що розглядає окрему ділянку в межах північного борту ДДЗ, бачимо, що інколи при вирішенні завдання вибору пріоритетних свердловин для пошукового буріння перед геологами та геофізиками виникає багато складних питань. Як, наприклад, порівнювати перспективи структурних та літологічних пасток, чи як при мультигоризонтності правильно враховувати вагу кожного горизонту окремої свердловини. У цій статті наведено альтернативний алгоритм до вирішення завдань подібного типу: через структурний фактор, фактор аномалій у сейсмічному хвильовому полі та через коефіцієнт запасів (і лише в останньому з них елемент суб'єктивізму є мінімальним). Безумовно, всі наведені аналітичні викладки потребують ручного керування та аналітичних досліджень через призму знання геології об'єкту досліджень, геофізики та особливостей кожного окремого району. Проте, загальні ідеї та погляди, викладені у цій статті, можуть, як альтернатива, успішно використовуватись для вирішення аналогічних задач і в інших регіонах.

Таблиця 5 – Думки семи експертів із приводу структурного фактору та зона спільного погляду на нього стосовно свердловини 114'
Структурний фактор 114'

Продуктивні гор. / свердл.	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3	Експерт №4	Експерт №5	Експерт №6	Експерт №7
M3	+	+	-	+	+	+	+
M4	+/-	+	-	+	+	+	+
M6	+	+/-	-	+	+	+	+
M7	+	+	-	+	+	+	+
B1	+	+/-	-	+/-	+	+	+
B3	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+
B6	+/-	+/-	+/-	+	+	-	+
B7	+	+/-	-	+	-	-	+
B8-9	+	+/-	-	+/-	-	-	+
B10	+	+/-	-	-	+	-	+
C6	+	-	-	+	+	-	+

Таблиця 6 – Думки семи експертів із приводу структурного фактору та зона спільного погляду на нього стосовно свердловини 29'
Структурний фактор 29'

Продуктивні гор. / свердл.	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3	Експерт №4	Експерт №5	Експерт №6	Експерт №7
M3	-	-	-	+	-	-	+/-
M4	+	+/-	-	-	-	+	+
M6	+	+	-	+	-	+	+
M7	+	+	-	+	+	+	+
B1	+	+/-	-	+	+	+	+
B3	+	-	+/-	+/-	-	+	+
B6	+	-	+/-	+/-	-	+	+
B7	-	-	-	+	-	+	+/-
B8-9	-	-	-	+/-	+	+	+/-
B10	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 7 – Думки семи експертів із приводу структурного фактору та зона спільного погляду на нього стосовно свердловини 116
Структурний фактор 116

Продуктивні гор. / свердл.	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3	Експерт №4	Експерт №5	Експерт №6	Експерт №7
M3	-	-	-	-	+	-	+
M4	+	-	-	-	+	-	+
M6	+	+	-	+	+	-	+
M7	+/-	+	-	+	+	-	+/-
B1	+/-	+/-	+/-	+/-	+	-	+
B3	-	-	+/-	+/-	-	-	+/-
B6	-	-	+/-	+	-	-	+/-
B7	-	-	-	+/-	-	-	+/-
B8-9	-	-	-	+/-	-	-	+/-
B10	-	-	-	-	-	-	+/-
C6	-	-	-	-	-	-	-

ВИДІЛЕНО: Зона спільного погляду на структурний фактор

Таблиця 8 – Варіанти фінальної градації свердловини 116

Продуктивні гор./свердл	оптимістичний				нейтральний				песимістичний			
фактор	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S
М3	65	0	0,014	0,91	0	0	0,014	0	0	0	0,014	0
М4	65	21	0,014	1,204	65	21	0,014	1,204	0	21	0,014	0,294
М6	65	0	0,141	9,165	65	0	0,141	9,165	65	0	0,141	9,165
М7	65	28	0,0089	0,8277	32	0	0,0089	0,285	65	0	0,0089	0,5785
В1	65	0	0,052	3,38	32	0	0,052	1,664	32	0	0,052	1,664
В3	0	21	0,042	0,882	0	21	0,042	0,882	0	21	0,042	0,882
В6	0	21	0,164	3,444	0	21	0,164	3,444	0	21	0,164	3,444
В7	0	28	0,39	10,92	0	28	0,39	10,92	0	28	0,39	10,92
В8-9	0	0	0,109	0	0	0	0,109	0	0	0	0,109	0
В10	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0
С6	0	21	0,057	1,197	0	21	0,057	1,197	0	21	0,057	1,197
Заг. бал.	31,9297				28,761				28,1445			

Таблиця 9 – Варіанти фінальної градації свердловини 29'

Продуктивні гор./свердл	оптимістичний				нейтральний				песимістичний			
фактор	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S
М3	32	0	0,014	0,448	0	0	0,014	0	0	0	0,014	0
М4	65	0	0,014	0,91	65	0	0,014	0,91	32	0	0,014	0,448
М6	65	0	0,141	9,165	65	0	0,141	9,165	65	0	0,141	9,165
М7	65	28	0,0089	0,828	65	0	0,0089	0,579	65	0	0,0089	0,5785
В1	65	0	0,052	3,38	65	0	0,052	3,38	32	0	0,052	1,664
В3	65	0	0,042	2,73	65	0	0,042	2,73	0	0	0,042	0
В6	65	0	0,164	10,66	65	0	0,164	10,66	0	0	0,164	0
В7	32	28	0,39	23,4	0	28	0,39	10,92	0	28	0,39	10,92
В8-9	32	21	0,109	5,777	0	0	0,109	0	0	0	0,109	0
В10	0	21	0,0072	0,151	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0
С6	0	21	0,057	1,197	0	21	0,057	1,197	0	21	0,057	1,197
Заг. бал.	58,646				39,541				23,9725			
					мінус аномалії по М-7, Б-8-9, Б-10				мінус аномалії по М-7, Б-8-9, Б-10			

Таблиця 10 – Варіанти фінальної градації свердловини 114'

Продуктивні гор./свердл	оптимістичний				нейтральний				песимістичний			
фактор	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S	с.ф.	а.ф.	к зап.	S
М3	65	21	0,014	1,204	65	21	0,014	1,204	0	21	0,014	0,294
М4	32	28	0,014	0,84	65	28	0,014	1,302	65	28	0,014	1,302
М6	65	18	0,141	11,703	65	18	0,141	11,703	65	18	0,141	11,703
М7	65	18	0,0089	0,739	65	0	0,0089	0,5785	0	0	0,0089	0
В1	65	0	0,052	3,38	32	0	0,052	1,664	65	0	0,052	3,38
В3	32	0	0,042	1,344	32	0	0,042	1,344	0	0	0,042	0
В6	32	21	0,164	8,692	65	21	0,164	14,104	0	21	0,164	3,444
В7	65	0	0,39	25,35	65	0	0,39	25,35	0	0	0,39	0
В8-9	65	0	0,109	7,085	32	0	0,109	3,488	0	0	0,109	0
В10	65	21	0,0072	0,619	0	0	0,0072	0	0	0	0,0072	0
С6	65	21	0,057	4,902	65	21	0,057	4,902	0	21	0,057	1,197
Заг. бал.	65,858				65,6395				21,32			
					мінус аномалії по М-7, Б-8-9, Б-10				мінус М-3,М-7, Б-6б, Б-10 на межі вильоту за УГВК чи дренуванням			

Таблиця 11 – Підсумкова таблиця ранжування пріоритетності буріння свердловин

Свердловина/ критерій	Оптимістичний варіант	Нейтральний варіант	Песимістичний варіант	Сума	Середнє значення
114'	65,858	65,640	21,32	152,818	50,939
29'	58,646	39,541	23,972	122,160	40,72
116	31,930	28,761	28,145	88,836	29,612

Література

1. Castagna, J. P., and H. W. Swan, 1997, Principles of AVO crossplotting: The Leading Edge, 17. P. 337–342.
2. Rutherford S. R., Williams R. H. Amplitude-versus-offsetvariationingassands. *Geophysics*. 1989. Vol. 54, No 6. P. 680–688.
3. Verwest B., Masters R., Sena A. Elastic Impedance Inversion. *SEG, Expanded Abstracts* 19, 2000. P. 1580 – 1582.
4. Zijian Zhang, Daniel R. McConnell, De-hua Han, Gulf of Mexico AVO crossplot analysis in unconsolidated sediments containing gas hydrate and free gas: Green Canyon <http://dx.doi.org/10.1190/segam2012-1104.1>.
5. Zoeppritz K. On the reflection and propagation of seismic waves. *Erdbebenwellen VIII B, Göttinger Nachrichten*. 1919. Vol. I. P. 66–84.