

Причины неподтверждения структурных объектов при поисково-разведочном бурении в Ямальской и Гыданской НГО

А.А. Куркин

начальник отдела региональных работ и моделирования нефтегазоносных систем
AAKurkin@novatek.ru

ООО «НОВАТЭК НТЦ», Тюмень, Россия

Статистические данные показывают, что в северных областях Западно-Сибирского региона около 60% всех поисковых объектов, по результатам бурения, оказались водоносны. Из них большая часть — это структурные объекты, которые не подтвердились последующими структурными построениями. Чтобы избежать повторения ошибок прогноза структурного плана и повысить успешность поисково-разведочного бурения, необходимо установить причины неподтверждения структур. Для этого в данной работе был проведен анализ истории бурения всех «сухих» скважин, пробуренных в регионе в 1970–90-е гг. Определены величины ошибок прогноза глубин в сравнении с заявленной точностью структурных построений. На основе собранных статистических данных выявлены характерные для водоносных ложных структур морфологические и динамические признаки.

Материалы и методы

Исходными данными для анализа явились: архивные отчеты о работах сейсмических партий (СП), паспорта структур, дела скважин, тематические и прочие отчеты, на основании которых закладывались скважины. Восстанавливалась история бурения скважин, анализировалась морфология структур и заявленная точность построений, сравнивались структурные планы до и после бурения, определялись величины фактических структурных ошибок. Помимо этого, анализировались скоростные разрезы, полученные в ходе современной переобработки на предмет аномалий в верхней части разреза. Общее количество неуспешных (водоносных) скважин для анализа составило 68, из них поисковых скважин — 61, а ловушек (площадей) — 37.

Основные надежды на наращивание ресурсной базы Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна в пределах суши связываются с его северными территориями — это полуостров Гыданский и Ямал. Здесь еще остался неопроислованным ряд перспективных структурных ловушек. Но статистические данные показывают, что геологические риски поискового бурения этого региона достаточно высоки. С 1977 по 1998 гг. в пределах Ямальской, Гыданской и западной части Усть-Енисейской НГО (рис. 1) было пробурено по меньшей мере 68 неуспешных поисковых и разведочных скважин на 37 площадях, что составляет около 60% от общего числа опроислованных ловушек. Причины отрицательных результатов бурения региона могут быть разными [1], но большую часть (по меньшей мере 65% водоносных объектов) составляют ошибки прогноза структурного

плана. Это те случаи, когда скважины закладывались на структурные ловушки, но в реальности оказались пробурены вне замкнутых антиклиналей, либо в их периферийной части, вне контура газодляного контакта (ГВК) или водонептяного контакта (ВНК) залежи.

В данной статье основное внимание концентрируется на установлении причин именно структурных ошибок. Это поможет снизить риски повторения ошибок при дальнейшем поисковом бурении на структурные объекты.

Для этого подробно было проанализировано более 40 неуспешных скважин, пробуренных на 24 ловушки, где причиной отрицательного результата явились структурные ошибки (таб. 1). К условно неуспешным были отнесены также скважины, в которых наличие продукта установлено менее чем в 3 пластах, поскольку большинство месторождений региона имеют 10–20 и

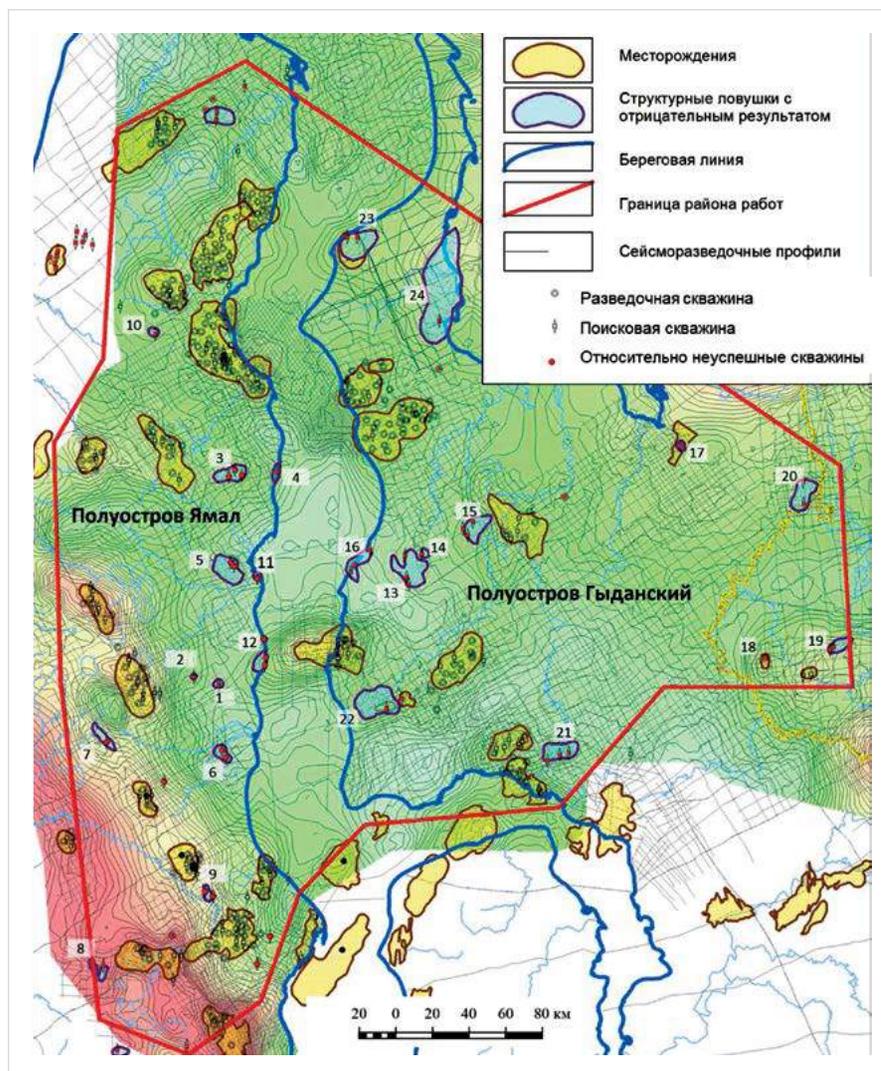


Рис. 1 — Схема расположения неуспешных скважин и ловушек в пределах границ исследования. Подложка — структурная карта по ОГ Б

Fig. 1 — The location map of unsuccessful wells and traps within the study area. Background — is the depth structure map of the reflecting horizon B (Top Jurassic)

Ключевые слова

анализ отрицательных результатов, ретроспективный анализ, структурные построения, скоростная аномалия, ВЧР, Западная Сибирь, Ямал, Гыдан

более продуктивных пластов. В результате были выделены 5 основных причин неподтверждения структур (рис. 2).

1. Недочет скоростных аномалий в верхней части разреза (ВЧР) — самая распространенная проблема. Неподтвердившие наличие поднятий («неудачные») скважины были заложены по результатам сейсморазведочных работ 1970–90 гг., где при построении глубинно-скоростных моделей зачастую не учитывались скоростные неоднородности ВЧР. В результате этого был выделен целый ряд псевдоподнятий, в реальности не существующих. Проблемы с учетом влияния ВЧР в архивных построениях широко известны и подробно описаны [2–6].

Характерный пример — Быстрицкийское и Торамюйское поднятия в западной

части Гыданского полуострова. Эти объекты были выделены на основе результатов работы сейсмопартии 22/80-81 по методу МОВ (рис. 3а). Быстрицкая структура была разбурена тремя безрезультативными скважинами, не подтвердившими наличие замкнутого поднятия. Уже после бурения скважин район был покрыт более современной сейсморазведкой МОГТ, что позволило детально проанализировать скоростную характеристику волнового поля и выявить аномалии. Так, на карте скоростей ОГТ по верхнему опорному горизонту видно, что в районе выделявшихся структур фиксируются аномалии повышенных скоростей суммирования (рис. 3г). Они соответствуют зоне повышенных отметок рельефа дневной поверхности и вызваны увеличенной толщиной

Номер ловушки (см. рис. 1)	Количество пробуренных скважин	Причина структурной ошибки	Форма поднятия (для структурных ловушек)	Унаследованность структуры	Прямые признаки УВ в волновом поле
1	1	Аномалия ВЧР	Изометричная	Слабая, нестабильное положение свода	нет
2	1		Неправильная		
3 (запад)	1	Неунаследованность структурного плана (структура по ОГ Б не подтвердилась по меловым ОГ)	Вытянутая	Бескорневая	
4	1	Искусственно замкнутая структура	Не замыкается		
3	2	Неунаследованность структурного плана (структура по ОГ Б не подтвердилась по меловым ОГ)	Неправильная	Слабая	
5	2			Аномалия ВЧР	
6	2	Ошибка в изохронах	Рассыпается на несколько куполов	Сквозная	
7	1		Вытянутая	Унаследована	
8	1	Аномалия ВЧР	Изометричная, разбивается на несколько куполов	Унаследована	
9	2		Рассыпается на несколько куполов	Бескорневая	
10	1	Ошибка в изохронах	Неправильная	Не замыкается	
11	1	Искусственно замкнутая структура	Не замыкается		
12	3				
13	3	Аномалия ВЧР	Неправильная	Слабая	
14	1	Ошибка в изохронах	Вытянутая	Слабая. Нестабильное положение свода	
15	3	Искусственно замкнутая структура	Не замыкается	Слабая	
16	2		Неправильная		
17	1	Ошибка в изохронах	Изометричная	Бескорневая	
18	1	Аномалия скоростей в ачимовском-юрском интервале	Рассыпается на несколько куполов	Слабая. Нестабильное положение свода	
19	2				
20	2	Аномалия ВЧР	Неправильная	Слабая	
21	3	Неунаследованность структурного плана (размеры и положение структуры по ОГ Б не подтвердилась по меловым ОГ)	Неправильная, тектонически обусловленная	Нестабильное положение свода	
22	1			Слабая	
23	2	Аномалия ВЧР	Изометричная	Нестабильное положение свода	
24	1			Бескорневая	

Таб. 1 — Причины структурных ошибок и некоторые параметры ловушек с отрицательными результатами
 Tab. 1 — The reasons for structural errors and some parameters of traps with negative results

слю многолетнемерзлых пород в ВЧР. После корректной обработки данных с учетом влияния ВЧР «поднятия» закономерно «исчезают» (рис. 3б, 3в).

2. Бурение на незамкнутые в пределах сети сейсмических профилей структуры. Ярким примером является Новолунная «структура», которая не замыкалась в пределах той же съемки 22/80-81, и Меркуяхская «структура», которая на схеме глубин была замкнута явно искусственно (рис. 3а). Оба этих объекта были изучены бурением трех скважин, которые не подтвердили наличие поднятий, и весь вскрытый разрез оказался водоносным.

3. Ошибки при построении исходных карт изохрон. К ним приводят неточности в корреляции отражающих горизонтов (ОГ), невязки сейсмических профилей или различные погрешности алгоритма картопостроения. Особенно осторожно при заложении скважин нужно относиться к структурам малого размера. К примеру, не подтвердившаяся бурением Вангутинская «структура» является, по сути, следствием интерполяции значений t_0 между профилей (рис. 3а). Следует отметить, что сомнения в правомочности выделения подобных мелких структур высказывались еще до бурения этого объекта [2].

4. Неунаследованность структурного плана. Ряд скважин, бурившихся на валанжин-готеривский целевой интервал, закладывался на основе структурных схем по более глубокому горизонту — кровле юры, ОГ Б. Структурный план северной части Западно-Сибирского бассейна по причине высокой активности тектонических процессов часто сильно меняется по разрезу — поднятия по верхним, меловым горизонтам смещаются в латеральном направлении относительно нижних,

юрских. А некоторые антиклинальные ловушки, выделенные по юрским горизонтам, полностью выполаживаются в меловых отложениях. Поэтому существование структуры по кровле юры вовсе не означает наличие замкнутого поднятия по верхним горизонтам в той же точке. Особенно это характерно для поднятий малых размеров. К подобным примерам можно отнести Северо-Сеяхинскую площадь, где были пробурены 3 водоносные скважины. При этом некоторые исследователи предостерегали от подобных ошибок еще до бурения [4].

5. Недочет глубинных скоростных аномалий — в аномальных кольцевых зонах (АКЗ) [7] либо под крупными залежами сеноманского газа. В пределах территории исследования на АКЗ, или на инверсионно-кольцевых структурах [8], были пробурены 3 преимущественно водоносные скважины на востоке Гыданского полуострова: Паютская 1, 2 и Нанадянская 310. Скважины были заложены на положительные перегибы «кольцевых структур» в изохронах. Прогиб в центральной части этих структур вызван резким падением скоростей в зоне АВПД нижненеокомских-юрских отложений и является ложным [7]. В реальности в масштабе глубин скважины оказались расположены на периферии положительных структур. Сводовая же часть структур остается перспективной, и подобные объекты являются наиболее надежными и относительно крупными среди перспективных ресурсов на Гыданском полуострове.

Таким образом, проведенный анализ подчеркивает важность учета влияния ВЧР и скоростных неоднородностей при структурных построениях — около половины причин

всех ошибок составляют проблемы с определением скорости. Но в ряде случаев объем и качество исходных сейсмических данных не позволяют должным образом проанализировать скоростную характеристику разреза на этапе обработки данных и сделать выводы о степени влияния ВЧР на структурные планы, например, если верхний опорный горизонт залегает слишком высоко, сейсмограммы утеряны или они низкого качества. В этом случае основным инструментом для разбраковки аномалий становится анализ разрезов и карт на качественном уровне. Для выработки качественных критериев необходимо сравнить морфологические признаки таких псевдоподнятий: их форму, площадь, амплитуду, неунаследованность, и динамические характеристики волнового поля с характеристиками поднятий, где были открыты месторождения. Такой анализ был проведен по 15 водоносным ловушкам и 12 продуктивным поднятиям в пределах полуострова Ямал.

Были построены гистограммы распределения площади и амплитуды структур (рис. 4). На них видно, что подавляющее большинство открытых месторождений относится к поднятиям площадью больше 80 км². Практически все неуспешные структуры, наоборот, имеют площадь меньше 80 км². Что касается амплитуд ловушек, то следует отметить, что практически нет открытых месторождений с амплитудой поднятия меньше 10 м. Вместе с тем, по результатам проведенных в 1991 г. исследований, из 219 выявленных сейсморазведкой в период с 1986 по 1990 гг. объектов в различных регионах Западной Сибири 72% имели площадь менее 10 км², 60% — амплитуду менее 15 м [9, 10].

Неподтвердившиеся же структуры до бурения имели еще большие размеры — медианное значение амплитуды и площади псевдоструктур по всем ОГ: 25 м и 34 км² соответственно. Поскольку прогнозные размеры структур были достаточно крупные, возникает вопрос, каковы же были ошибки прогноза глубин, если подобные относительно большие структуры в итоге не подтвердились. Для этого в дополнение к морфологическим были определены следующие параметры: Δ — ошибка прогноза глубин, м; и $|\Delta|$ — модуль (абсолютное значение) ошибки, м (таб. 2).

Медианный модуль ошибки по всем ОГ составил 29 м. Очевидно, что ошибки крупные, сопоставимы или даже больше амплитуды ловушек. Но какова же была оцененная надежность картирования данных структур до бурения, то есть точность построений в сравнении с амплитудой структур?

Для определения прогнозируемой до бурения надежности структуры был рассчитан параметр $A/0,675*\sigma$ — отношение амплитуды структуры к оцененной погрешности, где σ — оцененная погрешность структурных построений, то есть прогнозная ошибка (среднеквадратическая), м. Множитель 0,675 здесь определяет вероятность возможной ошибки в 50%, это следует из нормального характера распределения ошибки. Если произведение $0,675*\sigma$ меньше половины амплитуды, то есть $A/0,675*\sigma > 2$, то вероятность существования структуры составляет более 50%. Медианное значение оказалось равным 2,15, то есть большую часть анализируемых псевдоподнятий можно было считать относительно надежными. Но если рассмотреть следующий параметр, $\sigma/|\Delta|$ — отношение прогнозной погрешности к модулю ошибки прогноза, то



Рис. 2 — Основные причины структурных ошибок по скважинам (сверху) и ловушкам (снизу)
Fig. 2 — Key reasons for structural errors concerning wells (on the top) and traps (on the bottom)

становится понятно, что оцениваемая точность была завышена. Медианное значение этого параметра равно 0,36, то есть фактическая ошибка превышает прогнозную для всех горизонтов и для всего массива данных почти в 3 раза.

Интересно проследить изменение параметров от горизонта к горизонту, по вертикали. При примерно одинаковой прогнозной амплитуде структур прогнозная ошибка логично увеличивается сверху вниз. Также неудивительно, что и абсолютные значения фактической ошибки аналогично возрастают от верхних ОГ к нижним. Важным является факт, что по верхнему ОГ Г скважины, в основном, вскрывали горизонт ниже прогнозной глубины, а по нижним ОГ эта закономерность не наблюдалась. Косвенно это свидетельствует о том, что рассматриваемые ловушки являлись эффектами влияния скоростных аномалий ВЧР.

Из таб. 1 видно, что практически все псевдоструктуры отличаются неуправляемым строением: либо они бескорневые, то есть их амплитуда падает сверху вниз по разрезу, либо для них характерна резкая смена азимутов простирания структуры и нестабильное положение свода. Значительная часть таких ловушек имеет неправильную, причудливую форму контура замыкающей. Результаты бурения показывают, что поднятия такой формы даже при условии их проявления во всем разрезе («сквозном» характере) могут являться фиктивными.

Крайне важно проанализировать динамические характеристики волнового поля этих водоносных «структур». Все без исключения месторождения Ямала

и Гыдана, где открыты залежи в пластах ПК1 и/или ХМ, характеризуются аномалиями волнового поля в интервале соответствующих отражающих горизонтов Г и ГЗ: увеличение амплитуды отражения в интервале коррелируемой фазы, раздвиг фазы, появление дополнительного отражения от ГВК. Логично, что для всех структур-псевдоподнятий (таб. 1) характерно отсутствие каких-либо выраженных аномалий в интервале ОГ Г или ГЗ.

Итоги

В результате проведенного анализа истории бурения «сухих» скважин, были установлены основные причины неподтверждения структурных объектов при поисково-разведочном бурении региона. Две из пяти причин относятся к ошибкам методического характера: бурение на незамкнутые структуры и заложение точек скважин на основе структурных планов слишком глубоких горизонтов.

Три другие, наиболее распространенные причины, связаны с проблемами обработки и интерпретации сейсмических данных: недоучет влияния ВЧР и глубинных скоростных аномалий, а также ошибки в корреляции или построении карт изохрон. Эти проблемы определяют относительно высокую, в сравнении с размерами поднятий, погрешность сейсмических построений, которую при заложении скважин недооценивали. Зачастую оцениваемая точность архивных структурных построений была сильно завышена, а прогнозная среднеквадратическая ошибка (погрешность) — занижена. В отчетах приводились слишком оптимистичные

размеры ловушек и, соответственно, завышенные прогнозные ресурсы. Это подчеркивает важность корректного учета всех возможных составляющих структурной неопределенности и прогноза латерального распределения точности построений.

На основе собранных статистических данных выявлены характеристики, свойственные водоносным ложным структурам:

- отсутствие выраженных аномалий волнового поля в интервале ОГ Г или ГЗ;
- неуправляемость структурного плана;
- неправильная, изрезанная форма контура замыкающей изогипсы;
- отсутствие изменения толщин в своде структуры, «сквозная» форма структуры в разрезе;
- отсутствие замыкания антиклинали в пределах сети сейсмических профилей, даже если у интерпретаторов есть какие-либо основания полагать, что структура замыкается в непосредственной близости от контура съемки;
- практически все неуспешные структуры имеют площадь меньше 80 км²; при амплитуде менее 10 м в подавляющем большинстве случаев поднятия оказываются ложными.

Выводы

Выявлены наиболее распространенные методические ошибки при заложении скважин и проблемы в обработке и интерпретации сейсмических данных, которые привели к отрицательным результатам поисково-разведочного бурения на структурные объекты. Решение видится в тщательном учете влияния ВЧР и других скоростных неоднородностей при

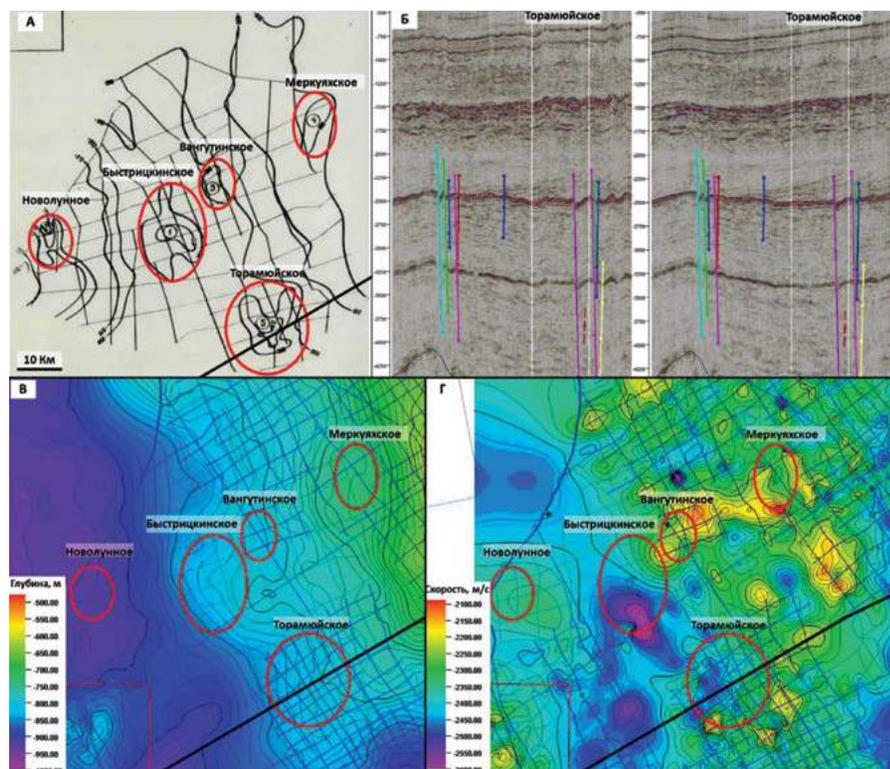


Рис. 3 — Структурный план верхнего горизонта по архивным данным (а), современный сейсмический профиль до и после учета влияния ВЧР (б), структурная карта после учета ВЧР (в) и карта скоростей ОГТ (г)

The structure map of the upper horizon, according to the archival data (a), present-day seismic section before and after near-surface effects correction (b), the structure map after near-surface effects correction (v) and the stack velocity map (g)



Рис. 4 — Гистограммы распределения амплитуды и площади структур (все ОГ). Пунктиром отмечено медианное значение

Fig. 4 — The distributional histogram of the anticlines height and area (for all reflecting horizons). The median value is marked with the dotted line

структурных построениях и корректной оценке структурной неопределенности. Перечисленные выше эмпирически выявленные критерии псевдоподнятий следует использовать в качестве дополнительного инструмента при отбраковке скоростных аномалий в процессе учета ВЧР. Эти критерии также необходимо учитывать при оценке геологических рисков уже отстроенных структур. В случае, если наблюдается несколько перечисленных признаков, то поднятию можно присвоить низкую вероятность существования, поскольку большинство «пустых» скважин региона были пробурены на подобные ложные структуры. Однако окончательно списывать структуры рекомендуется только если они однозначно не подтверждаются современными сейсмическими материалами, обработанными с учетом всех скоростных аномалий и неопределенностей. Должная проработка выявленных проблемных областей при сейсмических построениях и интерпретации, исключение методических ошибок и корректный учет геологических рисков при заложении скважин будут способствовать повышению

эффективности поисково-разведочного бурения региона.

Список литературы

1. Куркин А.А. Анализ отрицательных результатов поисково-разведочного бурения на севере Западной Сибири // Oil & Gas Journal Russia. 2017. №6 (116). С. 38–43.
2. Чурашов В.М., Забелин Ю.М. Отчет о работе Западно-Гыданской сейсморазведочной партии №22/80-81 г. в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области в зимний период 1980–1981 г. Лабитнанги: Ямало-Ненецкий Геофизический Трест, 1981. 164 с.
3. Новиков О.В. Отчет о результатах поисковых площадных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ Ново-Гыданской СП57/87-88. Лабитнанги: Ямалгеофизика, 1988. 151 с.
4. Бурханов А.С., Анохин А.И., Новиков О.В. Отчет о результатах поисковых площадных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ Ханавейской СП 57/86-87. Лабитнанги: Ямалгеофизика, 1988. 43 с.
5. Мельникова М.В., Нежданов А.А., Огибенин В.В., Ахмедсафин С.К.

- Особенности развития антиклинальных структур Гыданской нефтегазоносной области // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2012. №3. С. 19–26.
6. Астафьев Д.А., Скоробогатов В.А. Тектонический контроль газонефтеносности полуострова Ямал // Геология нефти газа. 2006. №2. С. 20–29.
 7. Мельникова М.В. Строение отложений осадочного чехла полуострова Гыдан и оценка перспектив его нефтегазоносности: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень, 2013. 16 с.
 8. Гиршгорн Л.Ш. Дисгармоничные поднятия в осадочном чехле севера Западно-Сибирской плиты // Советская геология. 1987. №4. С. 63–71.
 9. Бевзенко Ю.П. Многоуровневая высокоточная сейсморазведка в районах развития многолетней мерзлоты: дис. ... док. геол.-мин. наук. Тюмень, 2004. 257 с.
 10. Долгих Ю.Н. Многоуровневая сейсморазведка и кинематическая инверсия данных МОВ-ОГТ в условиях неоднородной ВЧР. М.: ЕАГЕ Геомодель, 2014. 212 с.

ОГ	Медиана по всем скважинам для каждого ОГ		$\Delta/0.675*\sigma$	$\sigma/ \Delta $
Г (кровля сеномана)	S, площадь до бурения, км ²	25	4,83	0,36
	A, амплитуда до бурения, м	25		
	σ , оцененная точность - прогнозная ошибка, м	7		
	$ \Delta $, модуль фактической ошибки, м	24		
	Δ , фактическая ошибка прогноза глубин, м	-22		
M1 (кровля апта)	S, площадь до бурения, км ²	30	2,45	0,38
	A, амплитуда до бурения, м	22		
	σ , оцененная точность - прогнозная ошибка, м	14		
	$ \Delta $, модуль фактической ошибки, м	29		
	Δ , фактическая ошибка прогноза глубин, м	12		
M (апт)	S, площадь до бурения, км ²	32	1,78	0,44
	A, амплитуда до бурения, м	24		
	σ , оцененная точность - прогнозная ошибка, м	19		
	$ \Delta $, модуль фактической ошибки, м	39		
	Δ , фактическая ошибка прогноза глубин, м	-7		
Б (кровля юры)	S, площадь до бурения, км ²	61	2,19	0,40
	A, амплитуда до бурения, м	31		
	σ , оцененная точность - прогнозная ошибка, м	21		
	$ \Delta $, модуль фактической ошибки, м	55		
	Δ , фактическая ошибка прогноза глубин, м	7		
Все ОГ	S, площадь до бурения, км ²	34	2,15	0,36
	A, амплитуда до бурения, м	25		
	σ , оцененная точность - прогнозная ошибка	14		
	$ \Delta $, модуль фактической ошибки, м	29		
	Δ , фактическая ошибка прогноза глубин, м	-5		

Tab. 2 — Морфологические характеристики ложных структур; прогнозная точность бурения; величины структурных ошибок по опорным горизонтам

Tab. 2 — Morphological characteristics of false structures; expected accuracy of drilling; structural errors values of key horizons

Reasons for exploration failures of anticlinal prospects in Yamal and Gydan regions of West-Siberia

Author:

Aleksandr A. Kurkin — the head of regional studies and petroleum systems modeling group; AAKurkin@novatek.ru

NOVATEK STC, Tyumen, Russian Federation

Abstract

The statistic shows that in the north of West Siberia basin about 60% of all prospects turned out to be water-bearing. Most of them are structural prospects, that were not confirmed by more recent seismic data. To avoid mistakes in the future, and to increase the exploration drilling success rate, one needs to establish the reasons for these failures. For this purpose, the so called “dry hole analysis” or post well analysis was carried out for all dry wells, drilled in the region in 1970–90s. During the analysis the values of seismic depth prediction errors in comparison with the estimated structural uncertainty were determined. Based on collected data, typical morphological features and seismic amplitude characteristics of water-bearing, false anticlines were revealed.

Materials and methods

The basic data for analysis was: archival seismic survey reports, prospects’ passports, well historical data, R&D, exploration and other reports, on the basis of which well locations were determined. During the analysis the history of well placement and drilling, the anticline morphology and estimated structural uncertainty before drilling were recovered. Structural maps before and after drilling were compared. Seismic velocity derived from modern surveys was analyzed, especially considering near surface effects. The total number of unsuccessful (dry) wells from the analyzed wells was 68, including 61 exploration wells and 37 failed prospects.

Results

As a result of post drilling analysis, the main reasons for exploration failures of anticlinal

prospects were determined. Two of the five causes are of methodological nature: drilling the anticlines that were not closed and drilling based on deep horizons structural maps.

The other three matters are the most common ones. They are related to the problems of processing and interpretation of seismic data: an underestimation of near-surface and deep velocity anomalies and errors in the horizon picking or isochrone mapping. These problems determine relatively high structural uncertainty, in comparison with the anticline size. This uncertainty was systematically underestimated before drilling. In archival seismic interpretation reports the estimated accuracy was often too high, and prognostic standard error was too low. Moreover, the geometrical size of prospects was often overestimated, that was the reason for evaluated hydrocarbon resources being too optimistic. This underlines the importance of estimation of all possible components of uncertainty, and prediction of the lateral distribution of structural uncertainty.

Typical morphological features and seismic amplitude characteristics of water-bearing, false anticlines were revealed:

- absence of seismic anomalies in the interval of Cenomanian and Albian productive formations;
- unconformable nature of anticline structural features;
- irregular, broken shape of the anticline closure contour;
- no change of thickness in the anticline crest along whole section;
- no anticlinal closure within seismic survey area, even when interpreters have strong reasons to believe that the structure is closed in the vicinity of the survey;

- almost all of the failed anticlines have the area of less than 80 km²; the majority of anticlines with the height less than 10 m turn out to be false.

Conclusions

The most common methodological errors, pitfalls and problems in seismic data interpretation and processing, which led to exploration drilling failures, were established. The solution lies in the careful consideration of near-surface and deep velocity anomalies during seismic imaging and consistent structural uncertainty assessment. The above stated, empirically identified features of water-bearing, false anticlines are suggested to use as an additional tool during near-surface effects correction.

These features also are suggested to be considered in geological risks assessment. If several of the stated features apply to the prospect, then a low success probability can be assigned, since most of the dry wells of the region were drilled on such false structures. However, the prospect should be written off only if it is clearly not confirmed by modern seismic data, processed and interpreted considering all velocity anomalies and uncertainties. Appropriate consideration of identified seismic imaging problems and pitfalls, methodological errors and comprehensive geological risks assessment during exploration well placement will contribute the improvement of drilling success rate of the region.

Keywords

dry hole analysis, retrospective analysis, seismic interpretation, time-depth conversion, velocity anomaly, Yamal, Gydan, West Siberia

References

1. Kurkin A.A. *Analiz otritsatel'nykh rezul'tatov poiskovo-razvedochnogo bureniya na severe Zapadnoy Sibiri* [Dry exploration wells analysis in northern West Siberia]. Oil & Gas Journal Russia, 2017, issue 6 (116), pp. 38–43.
2. Churashov V.M., Zabelin Yu.M. *Otchet o rabote Zapadno-Gydanskoys seysmorazvedochnoy partii №22/80-81 g. v Tazovskom rayone Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga Tyumenskoy oblasti v zimniy period 1980–1981 g* [The report on the work of Western-Gydan seismic crew №22/80-81 in the Tazovskiy district of the Yamalo-Nenets Autonomous district of Tyumen region in the winter of 1980–1981]. Labytngangi: *Yamalo-Nenetskiy Geofizicheskiy Trest*, 1981, 164 p.
3. Novikov O.V. *Otchet o rezul'tatakh poiskovykh ploshchadnykh seysmorazvedochnykh rabot MOV OGT Novo-Gydanskoys SP57/87-88* [The report on the prospecting areal seismic operations CDP seismic reflection method of Novo-Gydanskaya SP57/87-88]. Labytngangi: *Yamalgeofizika*, 1988, 151 p.
4. Burkhanov A.S., Anokhin A.I., Novikov O.V. *Otchet o rezul'tatakh poiskovykh ploshchadnykh seysmorazvedochnykh rabot MOV OGT Khanaveyskoys SP 57/86-87* [The report on the results of CDP seismic survey on Khanaveyskaya area of seismic crew 57/86-87]. Labytngangi: *Yamalgeofizika*, 1988, 43 p.
5. Mel'nikova M.V., Nezhdanov A.A., Ogibenin V.V., Akhmedsafin S.K. *Osobennosti razvitiya antiklinal'nykh struktur Gydanskoys neftegazonosnoy oblasti* [Features of anticlinal structures development in gydan oil and gas bearing area]. Higher Educational Institutions News. Oil and Gas, 2012, issue 3, pp. 19–26.
6. Astaf'ev D.A., Skorobogatov V.A. *Tektonicheskiy kontrol' gazoneftnosnosti poluostrova Yamal* [Tectonic control of oil and gas potential of Yamal peninsula]. Oil and gas geology, 2006, issue 2, pp. 20–29.
7. Mel'nikova M.V. *Stroenie otlozheniy osadochnogo chekhla poluostrova Gydan i otsenka perspektiv ego neftegazonosnosti* [Geological features of deposits in the sedimentary cover of Gydan peninsula and its hydrocarbon prospectivity assessment]. Ph.D. dissertation (Geology and Mineralogy). Tyumen, 2013, 16 p.
8. Girshgorn L.Sh. *Disgarmonichnye podnyatiya v osadochnom chekhle severa Zapadno-Sibirskoy plity* [Disharmonious uplifts in the sedimentary cover of the northern West-Siberian plate]. *Sovetskaya geologiya*, 1987, issue 4, pp. 63–71.
9. Bevzenko Yu.P. *Mnogourovnevaya vysokotochnaya seysmorazvedka v rayonakh razvitiya mnogoletney merzloty* [Multi-level high-precision seismic survey in the areas of permafrost]. Sc.D. dissertation (Geological and Mineralogical sciences). Tyumen, 2004, 257 p.
10. Dolgikh Yu.N. *Mnogourovnevaya seysmorazvedka i kinematischeeskaya inversiya dannykh MOV-OGT v usloviyakh neodnorodnoy VChR* [Multi-level seismic imaging and kinematic inversion of CDP data in terms of heterogeneous near-surface layer]. Moscow: EAGE Geomodel, 2014, 212 p.