

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.68-78>

EDN FLAZQR

УДК 622.243.24

Риски и неопределённости определения углов падения пластов при проводке горизонтальных скважин

Константинов К.В., Лапина Е.И., Пухарев В.А.

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Risks and uncertainties of determining the angles of fall of formations during the wiring of horizontal wells

K.V. Konstantinov, E.I. Lapina, V.A. Pukharev

Tyumen Oil Research Center LLC, Tyumen, Russia

E-mail: vapukharev@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. Как известно, основным преимуществом горизонтальных скважин, по сравнению с вертикальными, это увеличение дебита за счет расширения области дренирования и увеличение площади фильтрации [4].

При бурении ГС возникает ряд неопределённостей и рисков. Одним из таких факторов является неопределённость по углу залегания структуры. Она оказывает значительное влияние на эффективность проходки горизонтального ствола. В работе рассмотрена проблема неопределённостей углов падения при сопровождении горизонтальных скважин. А также описаны практические примеры проводки скважин в таких условиях.

Ключевые слова: *горизонтальная скважина, угол падения пластов, риски и неопределённости, геологическая модель*

Для цитирования: Константинов К.В., Лапина Е.И., Пухарев В.А. Риски и неопределённости определения углов падения пластов при проводке горизонтальных скважин//Нефтяная провинция.-2022.-№3(31).-С.68-78. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.68-78>. EDN FLAZQR

Abstract. As it is known, the main advantage of horizontal wells, compared with vertical ones, is an increase in flow rate due to the expansion of the drainage area and an increase in the filtration area [4]. A number of uncertainties and risks arise when drilling GS. One of these factors is the uncertainty of the angle of occurrence of the structure. It has a significant impact on the efficiency of horizontal shaft penetration. The paper considers the problem of uncertainty of the angles of incidence when accompanied by horizontal wells. Practical examples of well wiring in such conditions are also described.

Key words: *horizontal well, angle of incidence of formations, risks and uncertainties, geological model*

For citation: Konstantinov K.V., Lapina E.I., Pukharev Riski i neopredelennost' opredeleniya padeniya uglovykh plastov pri provodke gorizontol'nykh kvadrantov [Risks and uncertainties of determining the angles of fall of formations during the wiring of horizontal wells]. Neftyanaya Provintsiya, No. 3(31), 2022. pp. 68-78. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.68-78>. EDN CHVNEP (in Russian)

Актуальность

В статье «Пути снижения рисков при бурении горизонтальных скважин» [1] рассматривались существующие риски и неопределённости, которые в итоге влияют на эффективность проходки, как основной критерий успешности или не успешности бурения ГС. В работе, в общем виде были классифицированы риски и неопределённости, которые контролируют эффективность проходки и влияют на итоговый результат, а именно успешность или не успешность бурения горизонтальных скважин.

Целью данной работы является более детальное рассмотрение такого фактора, как неопределенности углов падения пластов при проводке горизонтальных скважин и примеры принимаемых решений, приводящих к увеличению или уменьшению влияния данного фактора на эффективность проходки.

Неопределённости по углу залегания структуры, которые возникают при планировании и бурении горизонтальных скважин, имеют очень часто критическое влияние на эффективность проходки, так как величина погрешности иногда сопоставима с размерами целевого интервала, что приводит к высокому риску проводки части или всего горизонтального ствола вне коллектора.

Риски и неопределенности определения углов падения

Процесс сопровождения скважины можно разделить на два этапа - это посадка башмака транспортного ствола и непосредственно сопровождение горизонтального участка скважины. В обоих случаях важна точность прогноза, как угла наклона структуры, так и положение структуры в абсолютных отметках.

Из практики сопровождения ГС, угол залегания пластов может отличаться от планового положения. Между тем, эффективность проводки горизонтальной скважины, особенно для маломощных целевых пластов, зависит от правильного набора угла для обеспечения последующего оптимального размещения горизонтального участка внутри целевого пласта (посадка башмака ТС) и прогнозирования поведения структурного плана во время бурения (сопровождение ГС).

При неправильно прогнозируемом угле падения пластов, имеется риск перекрытия башмаком ТС части целевого интервала, а также бурение горизонтального ствола вне коллектора.

На рис.1 проиллюстрированы типичные примеры, описанные коллегами Стищенко С.И. и Сабировым А.Н. [2], показывающие в общем виде уменьшение эффективности проходки, из-за неправильного прогноза углов падения пласта при подходе к целевому интервалу.

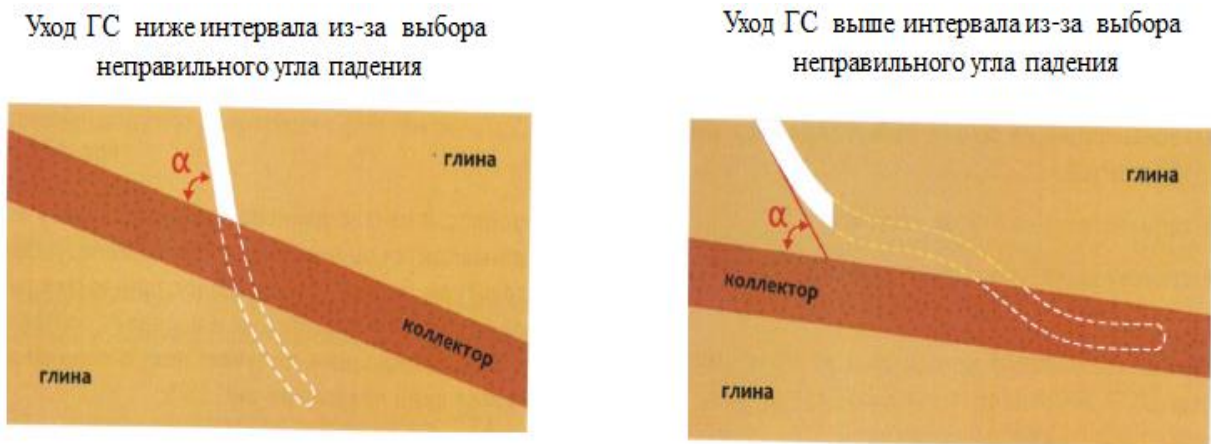


Рис. 1. Потеря части интервала из-за неправильного выбора угла падения [2]

На рис. 2 показан реальный пример проводки скважины с некорректной посадкой башмака по причине вскрытия структурного плана выше, чем планировалось. В результате целевой интервал был перекрыт, для возвращения в коллектор было пробурено 76 метров по глине. Эффективность проходки была снижена.

Неопределенность угла залегания пласта, обусловленная малой разбуренностью, недостаточной точностью сейсмических данных, а также

влиянием инклинометрии. Это проявляется в несоответствии прогнозного угла залегания пласта фактическому, что в случае несвоевременной корректировки направления бурения может привести к выходу ствола скважины из целевого интервала. [3]

Проблема влияния инклинометрии решается проведением замеров положения транспортного ствола скважины гироскопом.

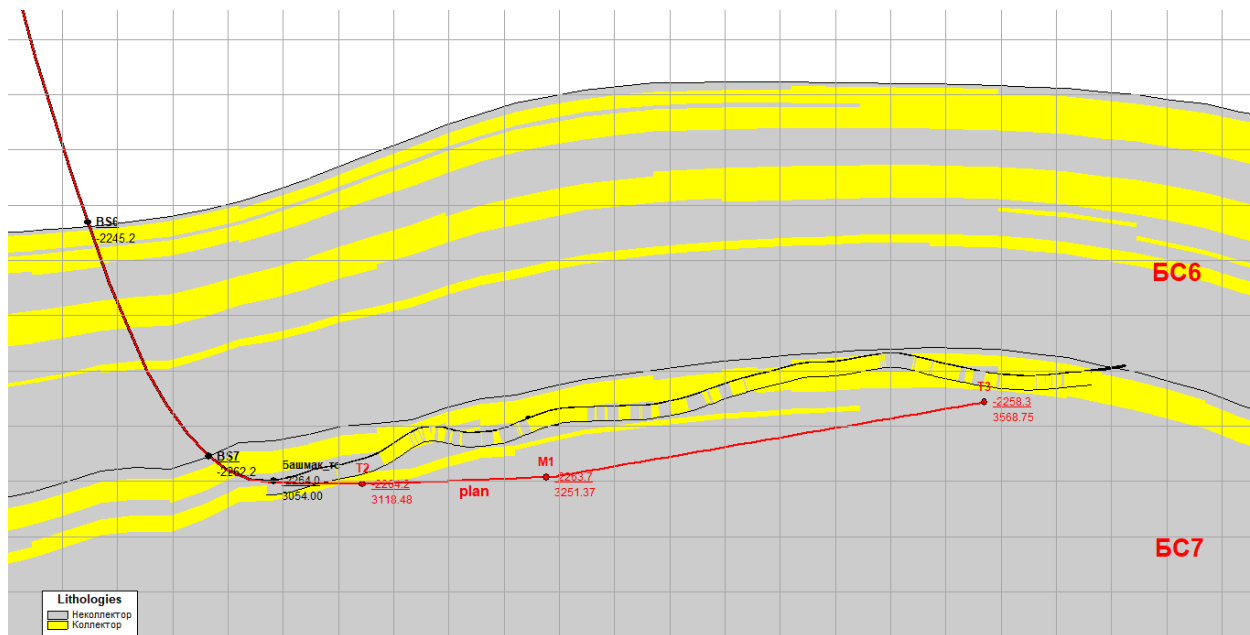
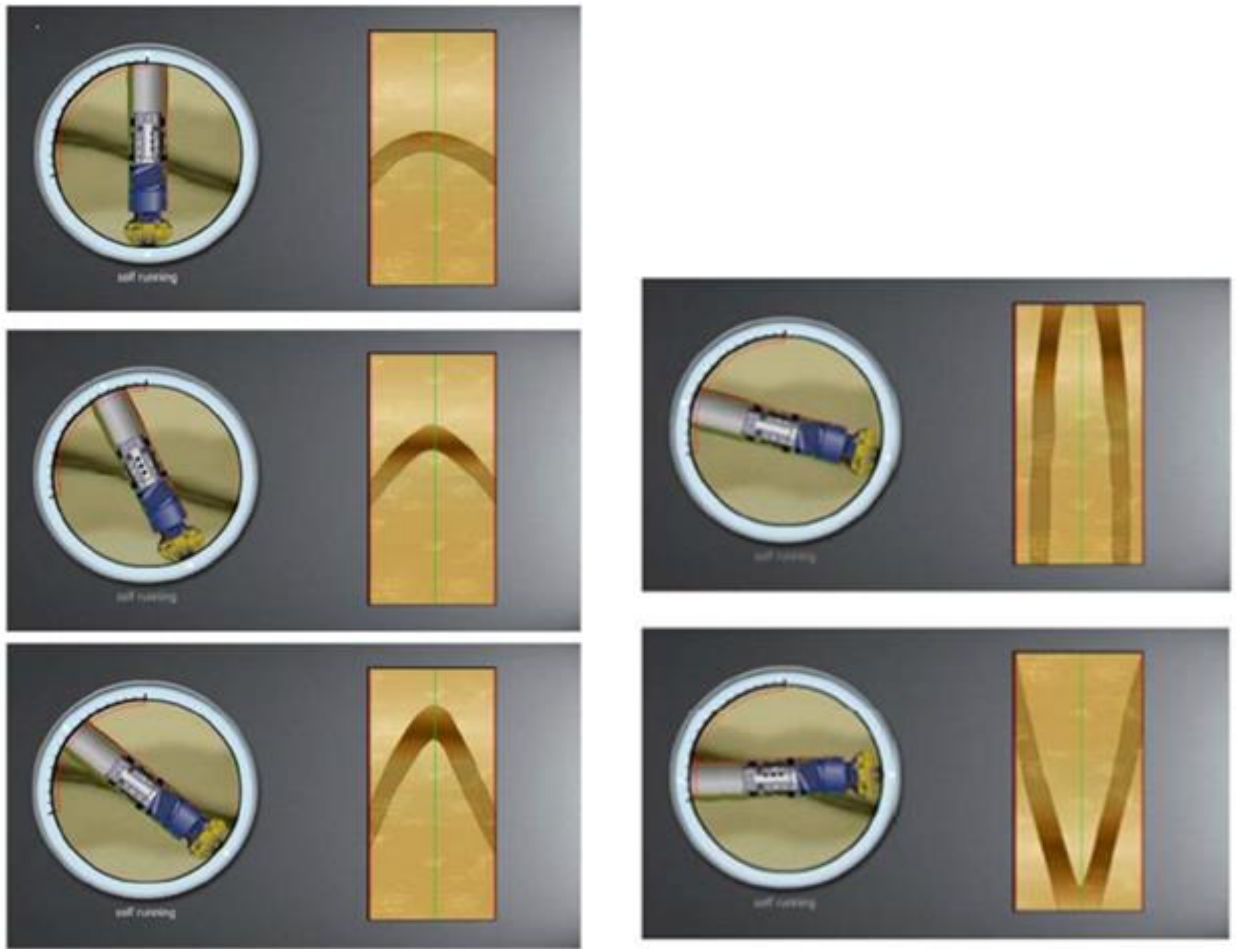


Рис. 2. Пример некорректной посадки башмака

Для более точного определения углов падения в процессе бурения горизонтального ствола, при резкой изменчивости падения пластов, необходимо использовать имиджи. Они позволяют управлять проводкой скважины и в дальнейшем, более обоснованно выполнять интерпретацию ГИС. На рис. 3 приведены общие принципы поведения показаний имиджей при пересечении пластов под разными углами. Применение качественных имиджей во время бурения позволяет достаточно точно определить положение ствола относительно целевых пластов и способствует принятию правильных решений во время бурения.

Далее будут рассмотрены фактические примеры принятия решения в различных условиях и достаточности/недостаточности информации и существующих неопределенностях.



*Рис. 3. Схема определения положения ствола относительно пластов
(по материалам компании Schlumberger)*

На первом примере в процессе бурения горизонтального ствола скв. 1 (Рис. 4) анализировались структурные вариации, а также замерялись углы роста/падения по имиджам (Рис. 5).

Данные по имиджу показывали более сильное падение пласта, в отличие от вариаций.

В данном случае решение о дальнейшем бурении скважины было принято на основании имиджей, что позволило провести скважину по коллектору.

Во втором примере интерпретация имиджей позволила принять верное решение при бурении скв. 2 (Рис. 6, 7). Имиджи показывали большой угол падения пласта, чем вариации и указывали на вылет в кровельную часть. Дальнейшее бурение вниз подтвердило данное предположение.

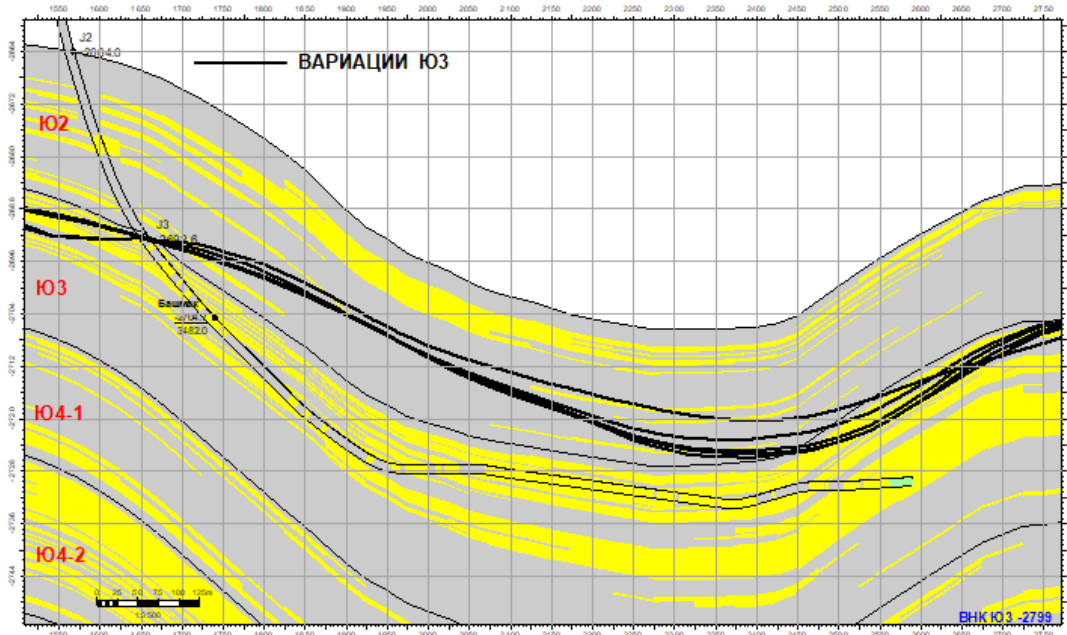


Рис. 4. Результат бурения скв. 1

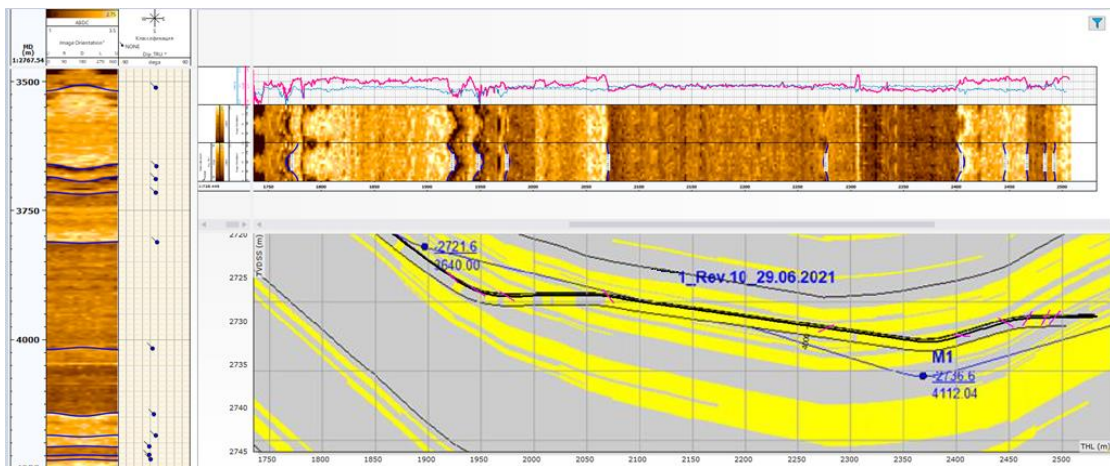


Рис. 5. Интерпретация имиджей по скв. 1

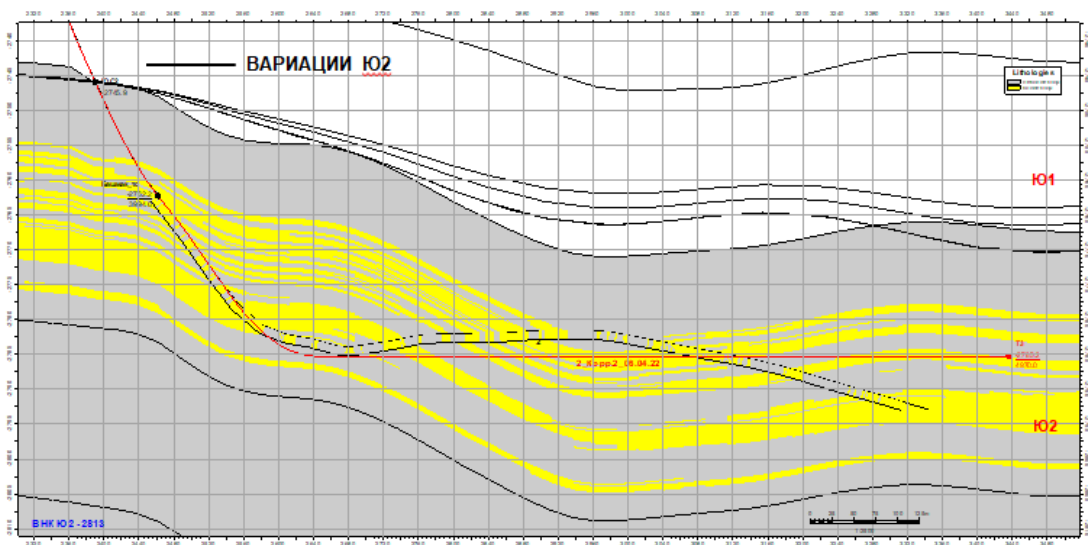


Рис. 6. Результат бурения скв. 1

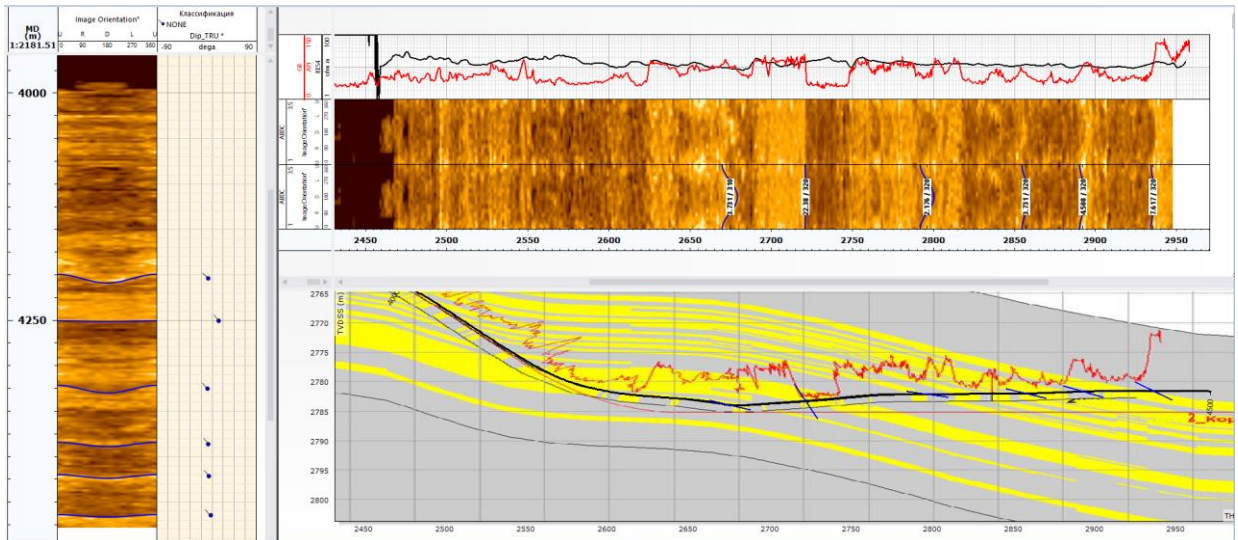


Рис. 7. Интерпретация имиджей по скв. 2

Однако часто бывают ситуации, когда отсутствие имиджей или их невысокое качество не позволяют достоверно определить угол падения пластов. В связи с этим возникают сложности с принятием правильного движения горизонтальной скважины по вертикали.

В такой ситуации структурные вариации являются инструментом, который помогает понять морфологию структуры более локально и рассматривается только в комплексе с ГИС.

Использование вариаций позволяет предусмотреть различные сценарии поведения структуры, как при планировании проектной траектории ГС, так и при бурении скважины, когда получены дополнительные данные в реальном времени. Такой подход с учетом проведенного анализа позволяет выбрать оптимальный вариант в отсутствии имиджей.

В виду особенностей подготовки полномасштабной ГМ, в модель вносится ряд упрощений, в том числе сглаживание структурных построений, которые в дальнейшем могут привести к значительным погрешностям при бурении. Для минимизации данных неопределенностей, как на стадии проработки проектного профиля скважины и подготовки материалов к бурению скважины, так и в процессе бурения, проводится сопоставление структур ГМ и сейсмических вариаций совместно с анализом волновой картины и последующей корректировкой ГМ.

На примере бурения скв. 3, представленной на рис. 8, показано как перестроенная на вариации структура помогла избежать ошибок в посадке башмака и выполнить остановку бурения транспортного ствола с оптимальным углом.

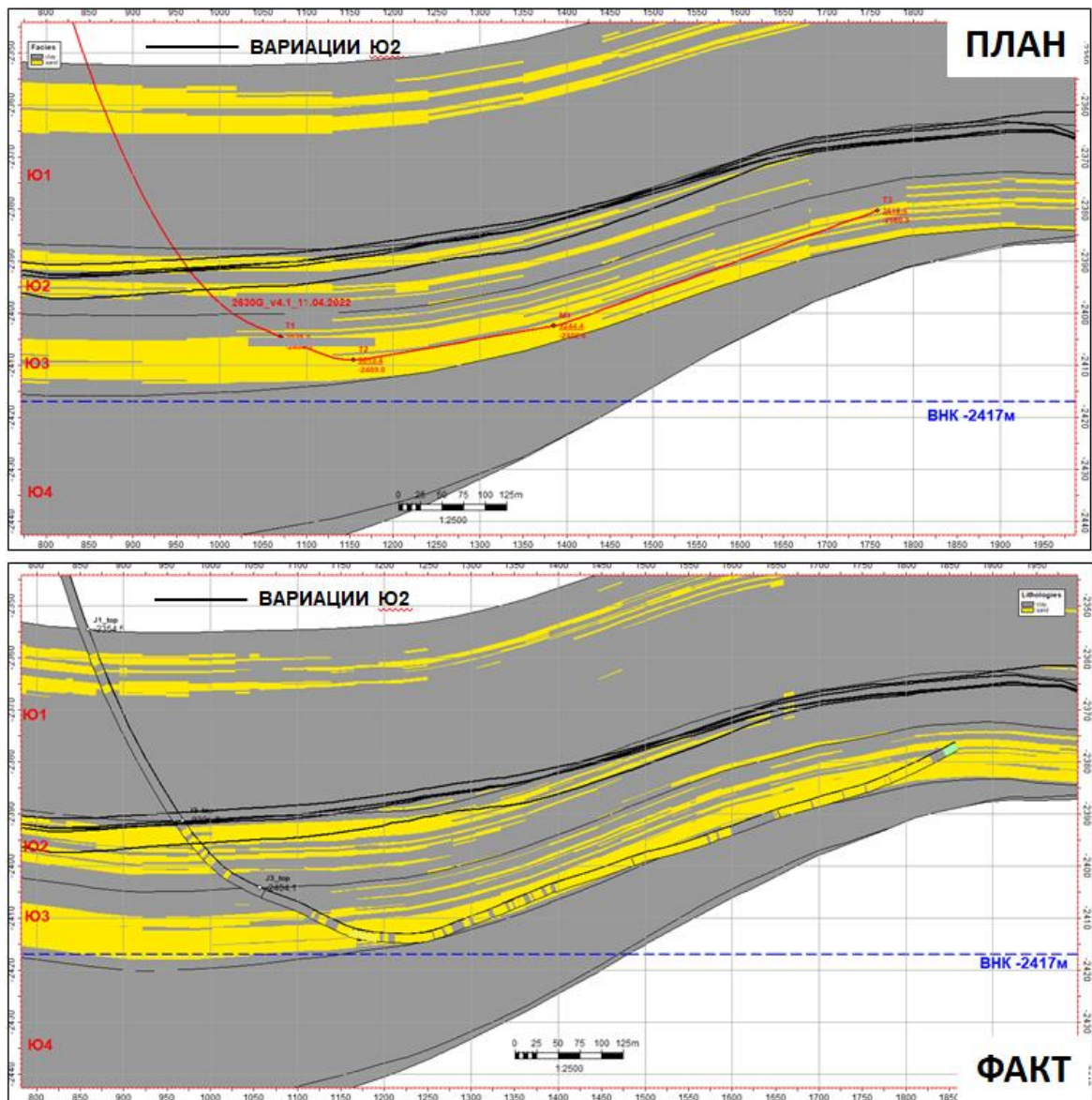


Рис. 8. Пример использования сейсмических вариаций при бурении скв. 3

Кроме этого, был скорректирован плановый профиль с учетом изменения угла роста структуры (план 2.5 град., факт 3.5 град.), вскрытие целевого интервала с использованием планового угла было бы ниже на 4 метра.

Ещё один пример представлен на рис. 9, где сопровождение горизонтальной части ствола скв. 4, осуществлялось, имея в арсенале ограниченный комплекс ГИС (только гамма каротаж и сопротивление), а также сей-

смическую информацию в виде структурных вариаций. В процессе бурения было принято решение о корректировке структуры с учетом наиболее контрастных вариаций. Эффективность данной скважины не высокая, ввиду технических ограничений бурового инструмента по интенсивности набора угла бурения, но принятие решения о перестроении модели с использованием структурных вариаций помогло определить пространственное положение скважины в момент бурения, что позволило избежать перебура и осуществить расстановку 4 портов ГРП для освоения данной горизонтальной скважины.

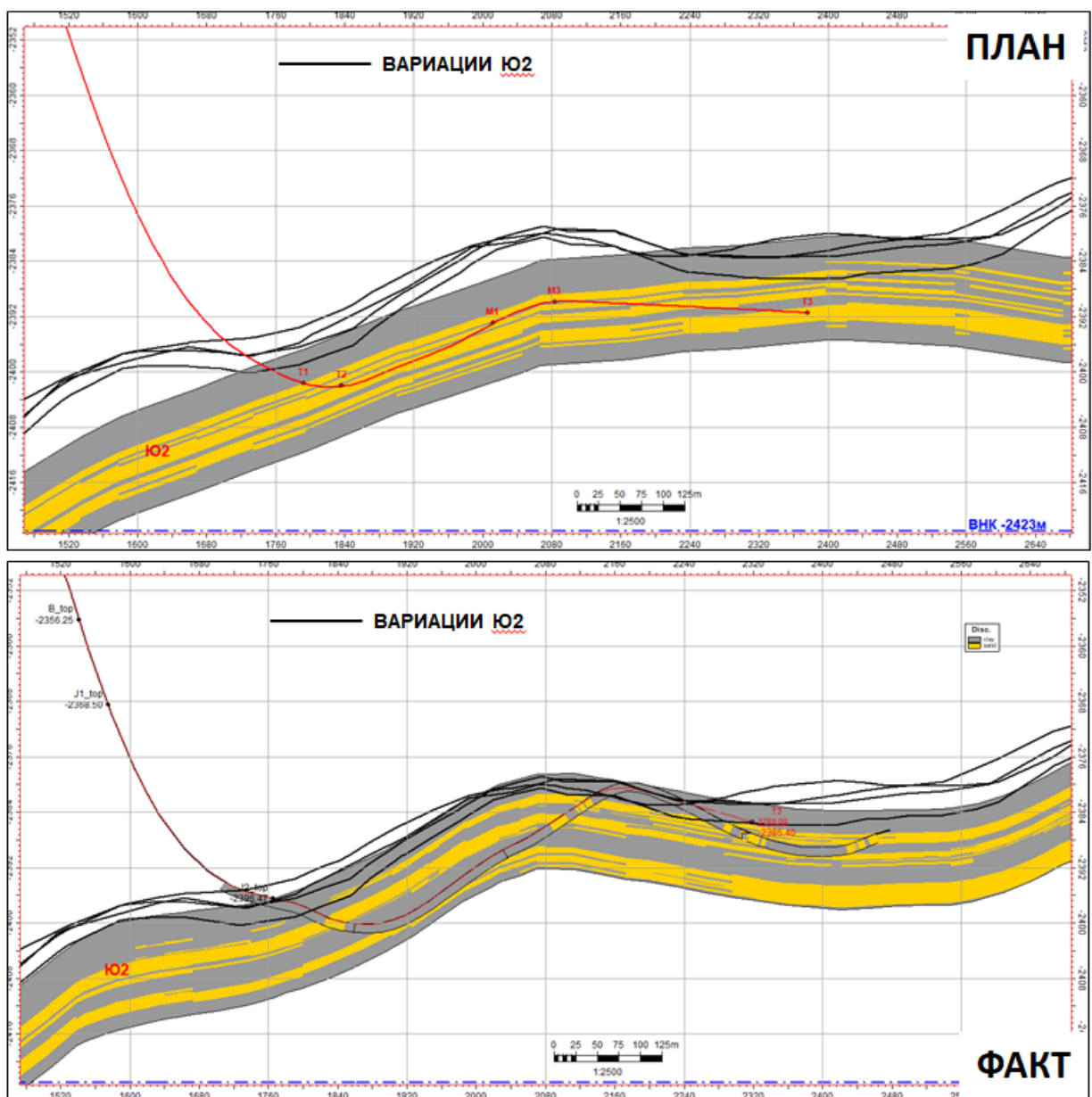


Рис. 9. Пример использования сейсмических вариаций при бурении скв. 4

Заключение

Одним из показателей, влияющих на эффективность проходки горизонтальных скважин и боковых стволов во время бурения, являются неопределённости по углу залегания структуры, которые оказывают значительное влияние на эффективность проходки горизонтального ствола.

В работе рассмотрена проблема неопределённостей углов падения при сопровождении горизонтальных скважин и показаны примеры подходов к принятию различных решений во время проводки горизонтальных скважин, в зависимости от ситуации и наличия той или иной информации.

Данные подходы позволяют в оперативном режиме принимать оптимальные решения, которые в итоге позволяют повысить успешность бурения.

В общем виде рекомендуется использовать структурные вариации, данные показаний имиджей и замеры гироскопов в транспортных стволах.

Анализ этих данных позволит уменьшить риски по неопределённостям углов залегания и позволит выбрать правильный вариант бурения, что повысит эффективность проходки горизонтальных скважин.

Список литературы

1. Константинов К.В., Лапина Е.И., Пухарев В.А. Пути снижения рисков при бурении горизонтальных скважин//Нефтяная провинция.-2021.-№3(27).-С.149-162. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.3.149-162>
2. Стищенко С.И., Сабиров А.Н., Геонавигация в 5 кликов, ООО «ЕАГЕ Геомодель», 2018г.
3. Старосветсков В.А. Детализация геологической модели сложнопостроенной залежи на основе данных бурения горизонтальных скважин для повышения эффективности её разработки; Дис. к.г.-м.н; Москва 2020г.
4. Батлер Р.М., Горизонтальные скважины для добычи нефти, газа и битумов -Ижевск, Институт компьютерных исследований, НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2010 г.

References

1. K.V. Konstantinov, E. I. Lapina, V.A Pukharev *Puti snizhenija riskov pri burenii gorizonta'nyh skvazhin* [Reducing risk ways of horizontal wells drilling]. Neftyanaya Provintsiya, No. 3(27), 2021. pp. 149-162. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.3.149-162> (in Russian)
2. Stishenko S.I., Sabirov A.N. *Geonavigaciya v 5 klikov* [Geosteering in 5 clicks]. ООО EAGE Geomodel. 2018 (in Russian)

3. Starosvetskov V.A. *Detalizaciya geologicheskoy modeli slozhnopostroennoj zalezhi na osnove dannyh bureniya gorizontalnyh skvazhin dlya povysheniya effektivnosti eyo razrabotki* [Complex reservoir model refining based on horizontal well drilling data to increase reservoir performance]. PhD thesis. Moscow, 2020 (in Russian)
4. Butler R.M. *Gorizontalnye skvazhiny dlya dobychi nefi, gaza i bitumov* [Horizontal wells to produce oil, gas and natural bitumen]. Izhevsk. Institute of computer-aided research. Regular and chaotic dynamics R&D center. 2010 (in Russian)

Сведения об авторах

Константинов Константин Владимирович, руководитель группы, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Россия, 625000, Тюмень, ул. Осипенко, 79/1

E-mail: kvkonstantinov@tnnc.rosneft.ru

Лапина Екатерина Ивановна, руководитель группы, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Россия, 625000, Тюмень, ул. Осипенко, 79/1

E-mail: eilapina@tnnc.rosneft.ru

Пухарев Валерий Александрович, эксперт по сейсморазведке, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Россия, 625000, Тюмень, ул. Осипенко, 79/1

E-mail: vapukharev@tnnc.rosneft.ru

Authors

K.V. Konstantinov, Team Leader, Tyumen Oil Research Center LLC

79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation

e-mail: kvkonstantinov@tnnc.rosneft.ru

Y.I. Lapina, Team Leader, Tyumen Oil Research Center LLC

79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation

E-mail: eilapina@tnnc.rosneft.ru

V.A. Pukharev, Seismic Expert, Tyumen Oil Research Center LLC

79/1, Osipenko st., Tyumen, 625000, Russian Federation

E-mail: vapukharev@tnnc.rosneft.ru

Статья поступила в редакцию 06.09.2022

Принята к публикации 17.09.2022

Опубликована 30.09.2022