

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2021.4.22-34>

УДК 551.762

Влияние структур горизонтального сдвига на геологическое строение верхнеюрских отложений Харампурского и Фестивального месторождений

¹Зинченко К.К., ²Попружук А.П.

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

²ООО «Харампурнефтегаз», Тюмень, Россия

Effect of horizontal fault structures on geology of upper Jurassic sediments in Kharampurskoye and Festivalnoye fields

¹K.K. Zinchenko, ²A.P. Popruzhuik

¹LLC «Tyumen Petroleum Research Center», Tyumen, Russia

²LLC "Kharampurneftegaz", Tyumen, Russia

E-mail: kkzinchenko@tnnc.rosneft.ru

Аннотация. В статье были изучены структуры горизонтального сдвига (СГС) в осадочном чехле верхнеюрских отложений на примере Харампурского и Фестивального месторождений.

В ходе работы был проведен анализ СГС и их влияние на геологию и разработку месторождений, выделены перспективные зоны, зоны риска для бурения и представлены рекомендации для разработки месторождений с наличием СГС.

Ключевые слова: субгоризонтальный сдвиг; структуры горизонтального сдвига; кулисообразные разломы

Для цитирования: Зинченко К.К., Попружук А.П. Влияние структур горизонтального сдвига на геологическое строение верхнеюрских отложений Харампурского и Фестивального месторождений//Нефтяная провинция.-2021.-№4(28).-Часть 1.-Спецвыпуск.- С. 22-34. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.4.22-34>

Abstract. The paper presents results of study of the horizontal fault structures in the sedimentary mantle of the Upper Jurassic formations by the examples of the Kharampurskoye and Festivalnoye fields. The horizontal fault structures' effect on the geologic setting and production potential was analyzed; sweet spots, as well as drilling-risk zones, were identified. Recommendations regarding development of fields with horizontal fault structures are offered.

Key words: subhorizontal fault; horizontal fault structures; en echelon faults

For citation: K.K. Zinchenko, A.P. Popruzhuik Vliyanie struktur gorizontaľnogo sdviga na geologičeskoe stroenie verhnėjurskih otloženij Harampurskogo i Festival'nogo mestorozhdenij [Effect of horizontal fault structures on geology of upper Jurassic sediments in Kharampurskoye and Festivalnoye fields]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(28), Part 1, Special issue, 2021. pp. 22-34. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.4.22-34> (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн является одним из крупнейших в мире. На его территории находятся уникальные по запасам месторождения углеводородов. Многие месторождения региона осложнены вертикальными и горизонтальными сдвигами они оказывают значительное влияние на геологию и разработку месторождений. Вертикальные сдвиги уверено прослеживаются на площади месторождений по данным 2Д и 3Д сеймики, их влияние на геологическое строение залежи, как правило, однозначно.

Структуры, образованные горизонтальными сдвигами (СГС), выделяются по результатам 3Д сеймики, они образуют сложнопостроенную систему и оказывают значительное влияние на геологическое строение и разработку месторождений. СГС представляют из себя кулисообразные (цветковые структуры), которые появились в результате горизонтального сдвига в фундаменте. Структуры детально описаны в работах [1, 2]. В некоторых случаях СГС трассируется до дневной поверхности, что указывает на их современную активность. Риски и перспективы, связанные с наличием СГС подробно описаны в представленной работе на примере верхнеюрских отложений Харампурского и Фестивального месторождений.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ

Район работ с точки зрения региональной тектоники расположен вдоль Колотогорско-Уренгойского грабен-рифта, в районе которого находятся крупные месторождения с присутствием сдвиговых нарушений: Комсомольское, Губкинское, Харампурское и др.

Изучаемая территория представляет собой три структурных купола - Фестивальный, Южно-Харампурский и Северо-Харампурский, все они

приурочены к южному склону Харампурского мегавала.

За всю историю на месторождениях были проведены сейсморазведочные работы (СРР) 3Д площадью 867 км², пробурено более 1300 скважин из них 116 разведочных, история разработки начинается с 1990 года.

Хорошая изученность месторождений позволила детально изучить СГС и их влияние на геологическое строение.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СГС

По всей площади по данным СРР 3Д выделяются серии кулисообразных разломов, образованные восьмью горизонтальными сдвигами в фундаменте (Рис. 1). Иных типов тектонических нарушений в пределах контуров залежей не отмечается.

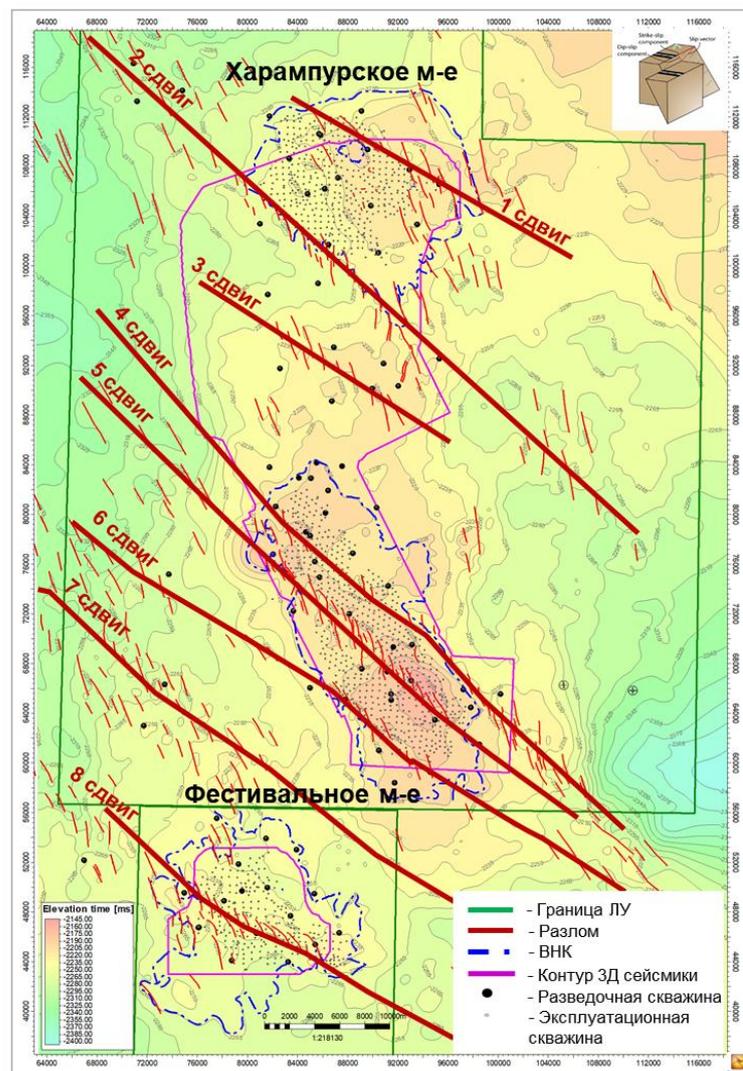


Рис. 1. Структурная карта по кровле пласта Ю1 с выделением СГС

СГС пересекают купольные части месторождений, разделяя их на блоки. Повышенная часть, как правило, находится по правую сторону от СГС, подтверждая тот факт, что движение блока происходило с юго-запада на северо-восток, а движение левого блока в противоположном направлении.

По данным геофизических исследований скважин (ГИС) на месторождениях выявлено 22 скважины пересекающие разломы, что отражается в виде выпадения части пласта из разреза (Рис. 2 скв. 3N) Пересечения встречены в Баженовской свите, пласте Ю1 и Ю2.

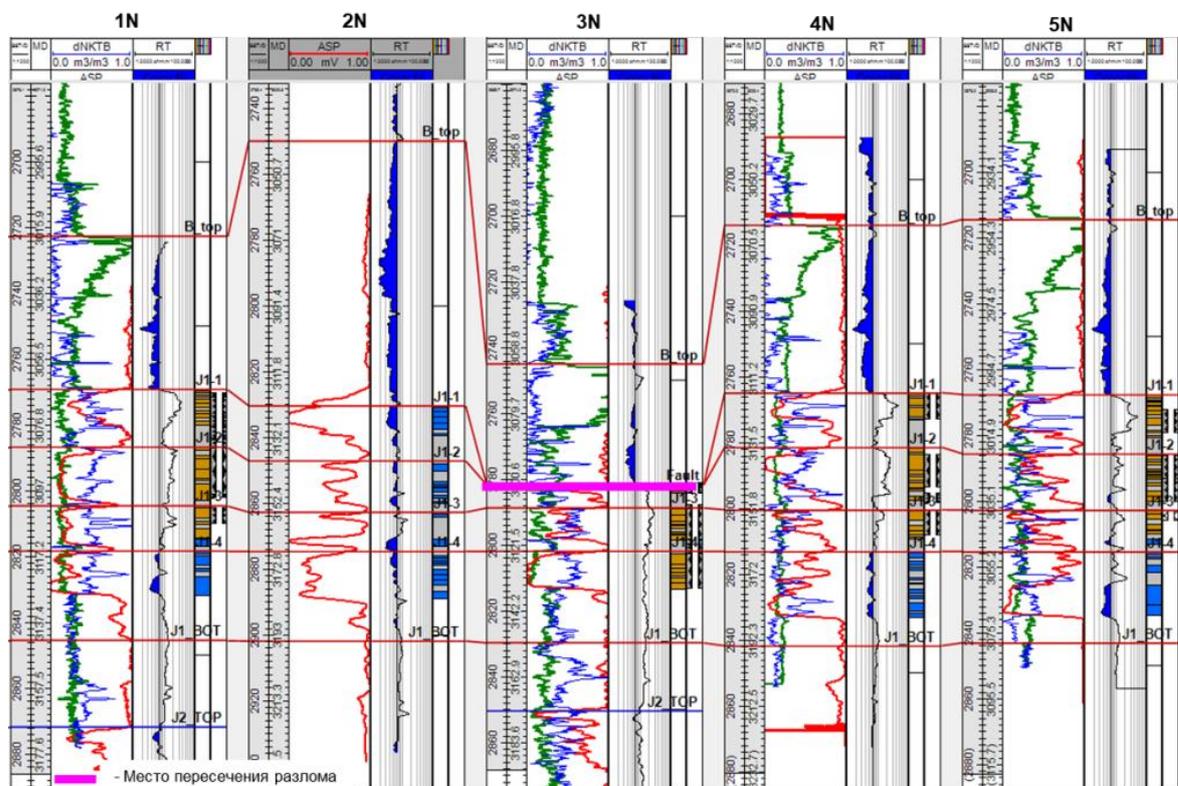


Рис. 2. Схема корреляции по линии скважин 1N-2N-3N-4N-5N

По результатам анализа ГИС средняя амплитуда разломов составила 34 м, максимальная 75 м. При этом по данным СРР 3Д прогнозная амплитуда разломов составляет в среднем 14 м по ОГ Б и 21 м по ОГ Т (Рис. 3а). Исходя из этого, стоит отметить, что по отражающему горизонту (ОГ) Т фактическая амплитуда СГС картируется точнее. Таким образом, при анализе амплитуд СГС рекомендуется приобщать выше- и нижележащие отражающие горизонты и учитывать возможную погреш-

ность амплитуд 40-60 %. Скважины, пересекающие разломы, были выделены на картах и учтены при построении структурного каркаса.

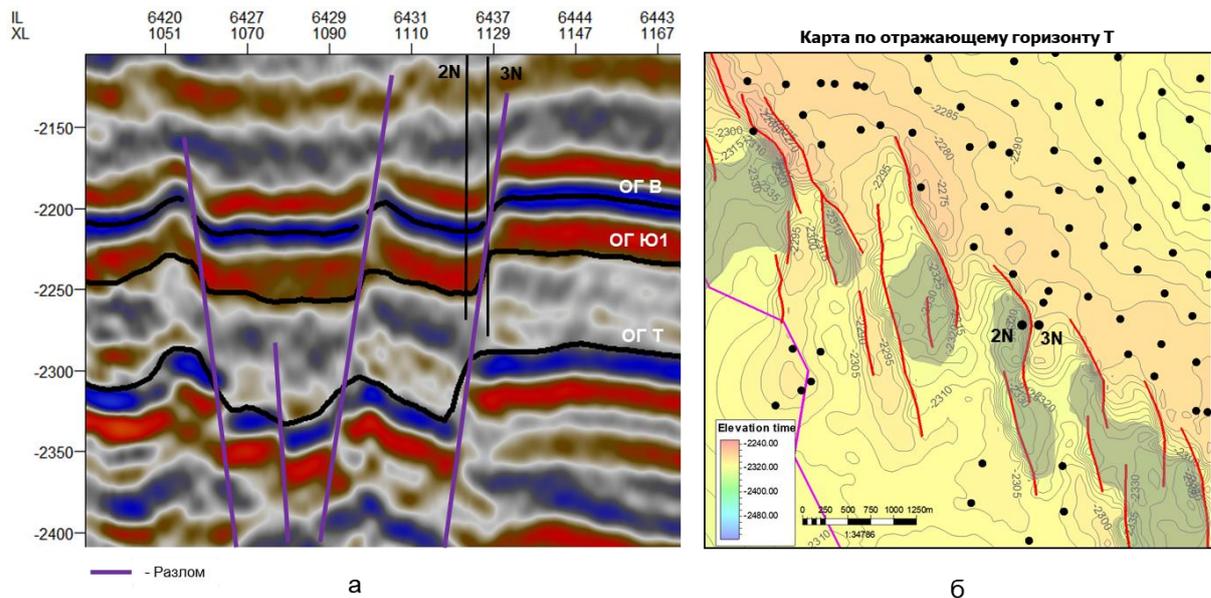


Рис. 3. а) Сейсмический разрез по скважинам 2N-3N; б) Фрагмент карты по ОГ Т

Кроме пересечения разломов стоит отметить скважины, которые попали в пониженный блок разлома. На рис. 2 представлен пример скважины 2N, где наблюдается увеличение общей мощности пород между кровлей Баженовской свиты и кровлей пласта Ю1 примерно в 1,5 раза относительно скважин, удаленных от СГС – 1N, 4N и 5N. Учитывая субвертикальность скважин в изучаемом интервале, было рассмотрено три возможных варианта увеличения мощности:

- 1) залегание пласта с углом падения до 60 градусов;
- 2) увеличение стратиграфической мощности пласта за счет активности разлома в период осадконакопления;
- 3) комплекс двух факторов.

По причине незначительного увеличения мощности нижележащих пластов Ю1-1 и Ю1-2 угол падения пласта не может превышать 10 градусов. По данным ГИС угол падения пласта составляет 6 градусов. Соответственно, основное увеличение мощности отложений связано с осадконакоплением. По результатам анализа остальных скважин были получены аналогичные результаты.

Влияние разломов на увеличение мощности хорошо прослеживается по картам мощностей Б-Ю1 (Рис. 4) по Фестивальному и Харампурскому месторождениям.

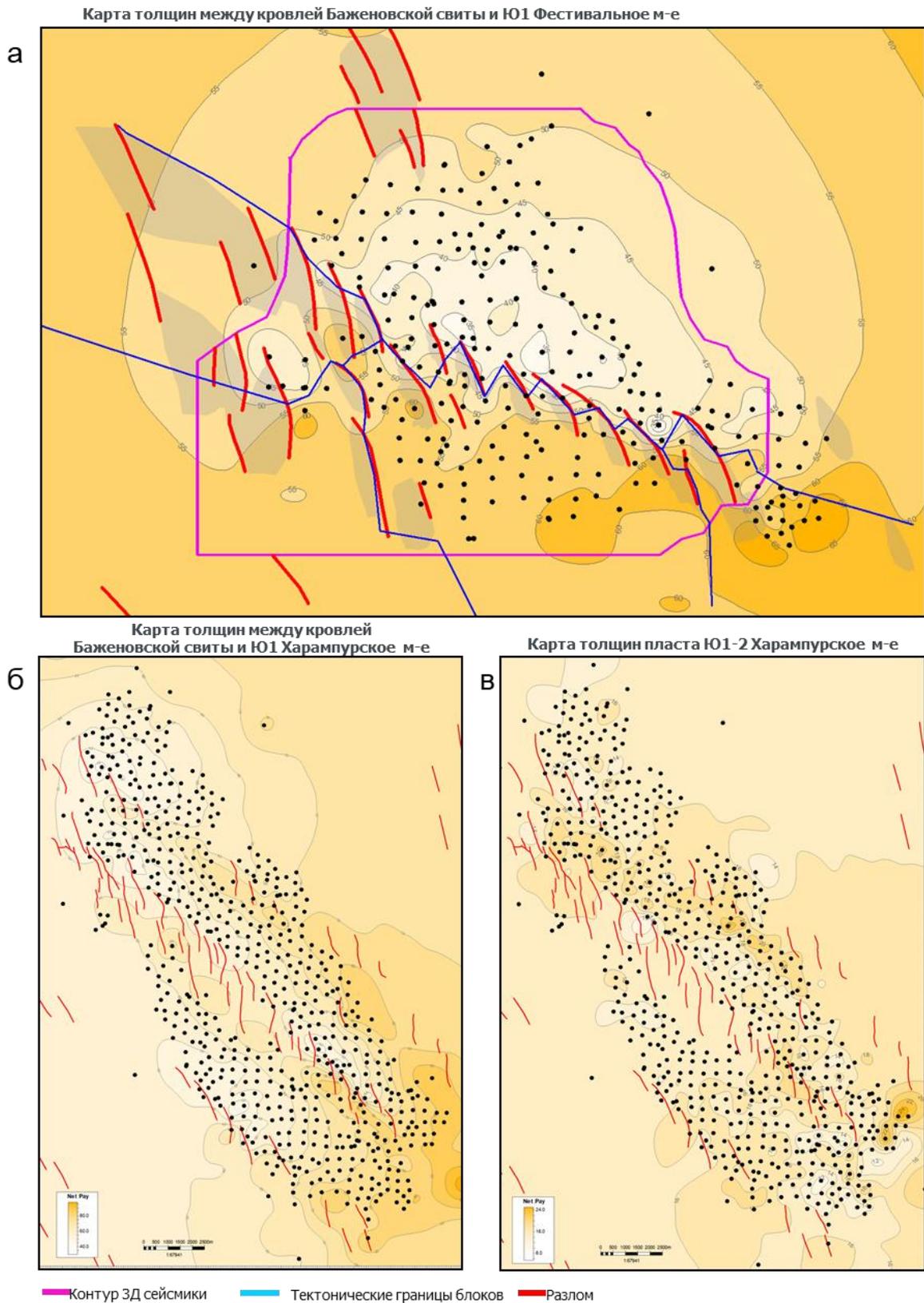


Рис. 4. Карты толщин

По Фестивальному месторождению серия разломов поделила месторождения на два блока, по карте толщин (Рис. 4а) в южном блоке наблюдается увеличение мощности по сравнению с северным. Это говорит о наличии движения тектонических блоков в двух направлениях – горизонтальном и вертикальном.

На Харампурском месторождении увеличение мощности наблюдается в непосредственной близости от разломов. На карте толщин пласта Ю1-2 (Рис. 4в) так же прослеживается приуроченность геологических тел к направлению СГС.

В работе Тимурзиева А.И. [2] время формирования СГС приурочено к современному периоду, такое предположение является логичным в связи с прослеживаемостью этих разломов до дневной поверхности. Выполненный в этой работе анализ дает новое понимание о горизонтальных сдвигах – они были активны в верхнеюрское время, оказывая влияние на осадконакопление. Не исключается их активизация в более ранние и поздние периоды.

Рассмотрим более подробно погруженную зону (Рис. 4), в которую попала скважина 2N, с точки зрения влияния тектонических процессов на продуктивность пласта Ю1. С запада и востока зона ограничена амплитудными разломами, с севера и юга вместо разломов прослеживается резкое падение пласта – пониженный блок взброса. Серии сбросов, взбросов и грабенов, образованные СГС, хорошо прослеживаются на сейсмических разрезах (Рис. 3а); картах изохрон (Рис. 3б); углов наклона.

По данным признакам все пониженные блоки были оконтурены и проанализированы с точки зрения успешности пробуренных в них скважин. Так, на Фестивальном месторождении в пониженный блок было пробурено 8 скважин, на Харампурском – 42 скважины. Все скважины вскрыли либо полностью водонасыщенный разрез, либо маломощные нефтенасыщенные толщины. Отмечается повышенный уровень ВНК относительно скважин, находящихся за пределами СГС. В основном, все скважины были

перебурены, в случае ввода в эксплуатацию дебит нефти составлял менее 5 т/сут (при средних запускных по окружению 20-100 т/сут). В дальнейшем пониженный блок получил название «зона риска».

В результате были определены следующие факторы риска бурения скважин в «зоны риска»:

1. Структурный фактор – уменьшение мощности нефтенасыщенных толщин при погружении целевого пласта ниже установленного в районе уровня ВНК;
2. Миграция УВ в вышележащие отложения через разрушенную разломами покрывку (подтверждается наличием залежей УВ в вышележащих неокомских пластах, сосредоточенных вдоль разломов);
3. Ограниченное поступление УВ в эти участки за счет наличия непроницаемых разломов.

Зоны риска СГС были отражены на картах и внесены в базы данных предприятия. Проведенный анализ позволил оценить риски, связанные с СГС и учесть их в стратегии бурения ближайших кустов – положение 13 скважин было скорректировано.

На многих месторождениях Западной Сибири выделяются СГС, зачастую на картах их можно увидеть только по наличию множества разломов и прогибов структурных поверхностей, которые не всегда говорят недропользователю о скрытых геологических рисках. Рекомендуется картировать СГС, как зоны вероятного изменения геологического строения пласта на месторождениях.

Кроме рисков вблизи СГС выделены зоны перспективного бурения, которые, согласно подсчету запасов, были отделены условным непроницаемым контуром, полученным в результате соединения краев видимых разломов, что является приемлемым подходом для снятия больших рисков и оценки запасов. Уточнив эти контуры, по данным ССР 3Д удалось выделить 14 перспективных зон под бурение боковых стволов (Рис. 5).

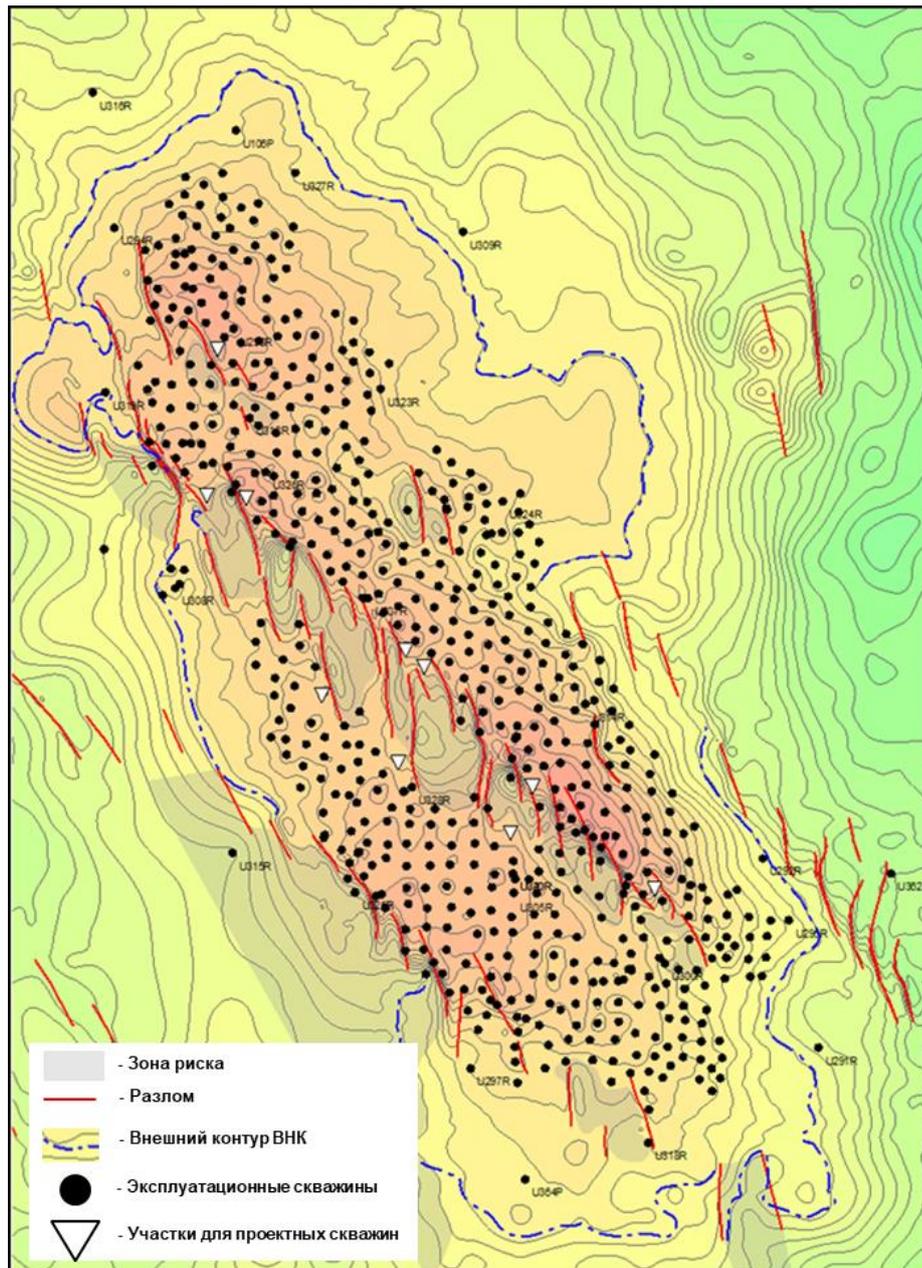


Рис. 5. Фрагмент карты ОГ В. Структурная карта по кровле Ю1 с нанесением перспективных участков для проведения ГТМ

ИЗУЧЕНИЕ СКВАЖИН ВБЛИЗИ РАЗЛОМОВ

В работах [1, 4] упоминается о развитии трещиноватости вблизи СГС, с чем связывают получение увеличенных дебитов в скважинах, пробуренных в этих зонах. По данным керна, отобранного в подошвенной части пласта Ю1-2 из скважины 6N, которая пересекает разлом в интервале пласта Ю1-4 согласно ГИС (Рис. 6), признаков разломов и трещиноватости не выявлено, однако, в нижнем интервале керна наблюдается изме-

нение угла наклона пропластков, что может свидетельствовать об активизации тектоники после формирования пласта Ю1-3.

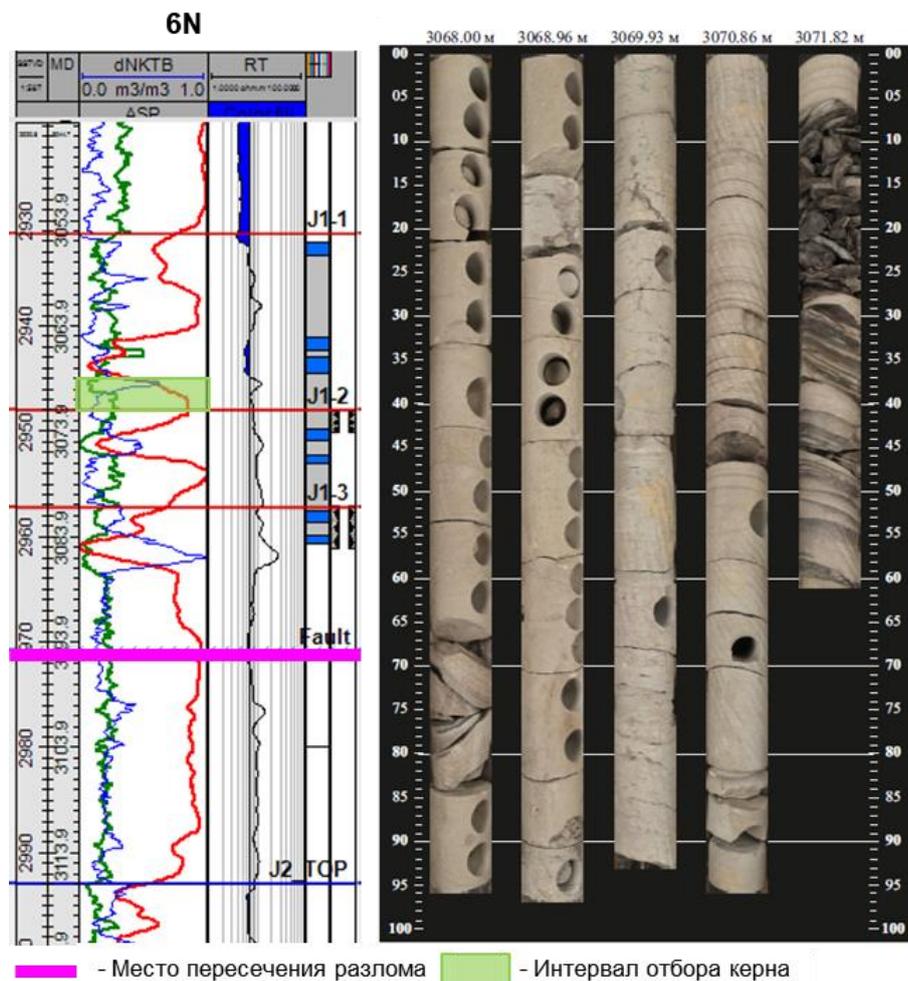


Рис. 6. Пример скважины с отбором керна

Согласно описанному керну, отобранный интервал представлен в нижней части неравномерным переслаиванием темно-серого алевролита с включениями слюды, растительного детрита и тонкозернистого светлого песчаника с присутствием раковин.

Верхняя часть разреза представлена массивным светлым карбонатизированным песчаником с растительным детритом, включением слюды и редких раковин, карбонатность которого уменьшается вверх по разрезу. Наблюдаются постседиментационные микро-дизъюнктивы.

В скважине 6N по зависимости коэффициента проницаемости от пористости по данным керна видно кратное снижение проницаемости относительно скважин, удаленных от разлома, что представлено на рис. 7.

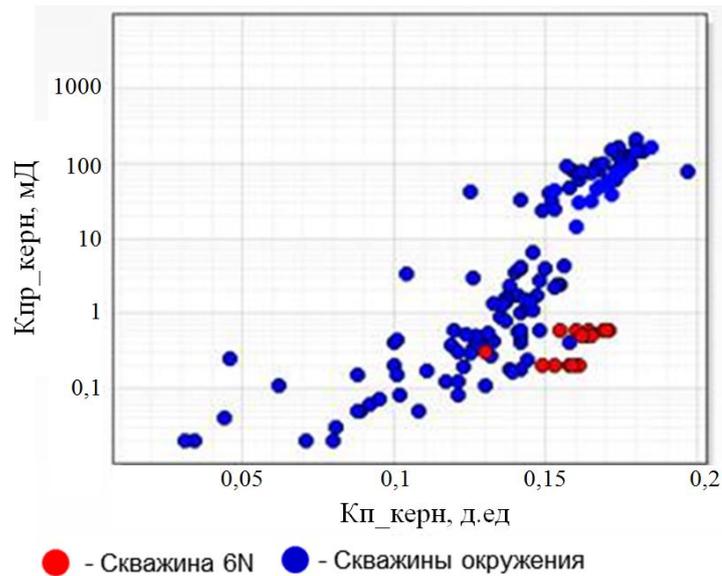


Рис. 7. Зависимость коэффициента проницаемости от пористости по данным керна

Так же на рис. 7 видно, что проницаемость некоторых образцов достигает 300-400 мД – данные интервалы вносят существенный вклад в дебит нефти, но они не выделяются по стандартному комплексу ГИС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе было изучено влияние СГС на верхнеюрские отложения по данным СРР ЗД, разведочного и эксплуатационного бурения, определено их значительное влияние на геологическое строение и разработку месторождений. При наличии на изучаемой территории СГС следует учитывать следующие возможные факторы и рекомендации:

- 1) СГС кроме современного периода были активны в верхнеюрское время и могли оказывать влияние на формирование залежей. Возможна их активизация в более ранние и поздние периоды;
- 2) результаты СРР могут не отражать истинную амплитуду разломов, погрешность составляет 40-60 %;
- 3) СГС образуют сложно построенные системы сбросов, взбросов и грабенов, геологическое строение которых отличается от строения пласта за пределами их влияния. Бурение в пониженный блок разлома (зоны риска) сопровождается не подтверждением структурных отметок,

нефтенасыщенных толщин, запускных показателей скважин. Рекомендуется картировать эти зоны, вносить их в проектные документы, базы данных и избегать расположения в них проектных скважин;

- 4) в повышенном блоке СГС могут быть перспективные зоны под бурение, которые требуют детального изучения;
- 5) при расположении проектных скважин в районе СГС рекомендуется располагать скважины в повышенном блоке, в 100 м от разлома для исключения риска его пересечения. В случае пересечения разлома скважина может попасть в пониженный водонасыщенный блок;
- б) зоны повышенного блока в непосредственной близости к разлому характеризуются пониженными ФЕС под данным изучения керна и требуют дополнительного анализа;
- 7) детальное изучение СГС необходимо проводить на этапе подготовки залежей к разработке по средствам анализа отражающих горизонтов, скважинных данных, карт углов наклона.

Список литературы

1. Нассонова Н.В., Романчев М.А. Геодинамический контроль нефтегазоносности сдвиговыми дислокациями на востоке Западной Сибири//Геология нефти и газа.- 2011.-№ 4.-С. 8-14.
2. Тимурзиев А.И. Структурно-тектонические условия, контролирующие продуктивность скважин на месторождениях Западной Сибири, осложненных сдвигами//Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.-2010.- № 8.-С. 20-33.
3. Гогоненков Г.Н., Тимурзиев А.И. Сдвиговые деформации в чехле западно-сибирской плиты и их роль при разведке и разработке месторождений нефти и газа// Геология и геофизика.- 2010.- № 3.- С. 384-400
4. Афонин Д.Г. Совершенствование разработки трудноизвлекаемых запасов на основе комплексного анализа информации о сдвиговых дислокациях юрских залежей: дис. ... канд.тех.наук: 25.00.17.- 165 с.
5. Yaroszewski, W. Tektonika uskokow i faldow/W. Yaroszewski//Wydawnictwa Geologiczne. - Warszawa, 1974. — 565 p.

References

1. Nassonova N.V., Romanchev M.A. *Geodinamicheskiiu kontrol neftegazonostnosti sdivgovymi dislokatsiyami na vostoке Zapadnoi Sibiri* [Geodynamic control of oil and gas potential by fault dislocations on the east of West Siberia]. *Geologiya Nefti i Gaza* [Oil and Gas Geology], 2011, No. 4. pp. 8-14. (in Russian)

2. Timurziev A.I. *Strukturno-tektonicheskie usloviya, kontroliruyushchie produktivnost skvazhin na mestorozhdeniyakh Zapadnoi Sibiri, oslozhnennykh sdvigami* [Structural and tectonic monitoring of well productivity in West-Siberian fields complicated by shifting]. *Geologiya, Geofizika i Razrabotka Neftyanykh i Gazovykh Mestorozhdeniy* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields], 2010, No. 8. pp. 20-33. (in Russian)
3. Gogonenkov G.N., Timurziev A.I. *Sdvigovye deformatsii v chekkhle zapadno-sibirskoi plity i ikh rol pri razvedke i razrabotke mestorozhdeniy nefti i gaza* [Strike-slip faults in the West Siberian basin: implications for petroleum exploration and development]. *Geologiya i Geofizika* [Geology and Geophysics], 2010, No. 3. pp. 384-400. (in Russian)
4. Afonin D.G. *Sovershenstvovanie razrabotki trudnoizvlekaemykh zasobov na osnove kompleksnogo analiza informatsii o sdvigovykh dislokatsiyakh yurskikh zalezhey* [Improvement of development of unconventional reserves based on comprehensive analysis of strike-slip faults in the Jurassic formations]: PhD dissertation (Eng.): 25.00.17. 165 p. (in Russian)
5. Yaroszewski, W. *Tektonika uskokow i faldow*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, 1974. 565 p.

Сведения об авторах

Зинченко Ксения Константиновна, специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Россия, 625002, Тюмень, ул. Осипенко, 79/1

E-mail: kkzinchenko@tnnc.rosneft.ru

Попружук Алексей Павлович, начальник отдела, ООО «Харампурнефтегаз»

Россия, 625023, Тюмень, ул. Одесская, 7Б

E-mail: PopruzhuKAP@kharampurneftegaz.ru

Authors

K.K. Zinchenko, Engineer, Tyumen Petroleum Research Center

79/1, Osipenko st., Tyumen, 625002, Russian Federation

E-mail: kkzinchenko@tnnc.rosneft.ru

A.P. PopruzhuK, Head of Department, LLC "Kharampurneftegaz"

7B, Odesskaya st., Tyumen, 625023, Russian Federation

E-mail: PopruzhuKAP@kharampurneftegaz.ru

Статья поступила в редакцию 05.10.2021

Принята к публикации 09.12.2021

Опубликована 30.12.2021