

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.115-131>

EDN VLXZOI

УДК 622.24.002.2:550.834.05

**Опыт выделения типов сейсмогеологических рисков и
методология их оценки при проектировании
эксплуатационного бурения на месторождениях**

АО «Оренбургнефть»

Барулин Д.А., Соболев В.И.

АО «Оренбургнефть», Бузулук, Россия

**The experience of identifying types of seismogeological risks and
the methodology of their assessment in the design of production
drilling in the fields of JSC «Orenburgneft»**

D.A. Barulin, V.I. Sobolev

JSC «Orenburgneft», Buzuluk, Russia

E-mail: barulin-dmitrii@mail.ru

Аннотация. В статье показан подход к учету возможных рисков неподтверждения структурных поверхностей целевых объектов при сопровождении бурения на месторождениях углеводородов АО «Оренбургнефть». В условиях отсутствия возможности постановки более высокоточной сейсморазведки на разрабатываемых месторождениях единственным возможным подходом является работа с текущими материалами. Понимание качества исходного материала и учет на основе этого рисков несет ключевой момент при планировании стратегии бурения на месторождении. Выработанный подход в большинстве случаев позволяет корректно планировать бурение и несет минимальные затраты, так как не требует сложных работ.

Ключевые слова: *типы сейсмогеологических рисков, методология оценки рисков при эксплуатационном бурении*

Для цитирования: Барулин Д.А., Соболев В.И. Опыт выделения типов сейсмогеологических рисков и методология их оценки при проектировании эксплуатационного бурения на месторождениях АО «Оренбургнефть» // Нефтяная провинция.-2026.-№1(45).-С. 115-131. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.115-131>. - EDN VLXZOI

Abstract. The article shows an approach to taking into account the possible risks of not confirming the structural surfaces of target objects during drilling support at the hydrocarbon fields of JSC Orenburgneft. In the absence of the possibility of conducting more precise seismic exploration at the developed fields, the only possible approach is to work with the current materials. Understanding the quality of the initial material and taking into account the risks based on this is crucial when planning the drilling strategy at the field. This approach allows for correct drilling planning in most cases and is cost-effective, as it does not require complex work.

Key words: *types of seismogeological risks, risk assessment methodology for production drilling*

For citation: D.A. Barulin, V.I. Sobolev Opyt vydeleniya tipov seismogeologicheskikh riskov i metodologiya ikh otsenki pri proyektirovanii eks-pluatatsionnogo bureniya na mestorozhdeniyakh AO «Orenburgneft» [Experience in identifying types of seismogeological risks and methodology for their assessment when designing production drilling at the fields of Orenburgneft JSC]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(45), 2026. pp. 115-131. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.115-131>. EDN VLXZOI (in Russian)

Введение. Месторождения углеводородов Оренбургской области характеризуются большим геологическим разнообразием условий осадконакопления, различной глубиной залегания, достигающих отметок 4,5 км, и широким стратиграфическим диапазоном продуктивных отложений — от артинского яруса до бийского горизонта [3]. Основной проблемой при эксплуатационном бурении, с которой постоянно сталкиваются специалисты по геологическому сопровождению бурения, является подтверждение структурных построений целевых объектов.

В настоящее время при геологоразведочных работах на нефть и газ основным профилирующим методом геофизической разведки является сейсморазведка МОГТ-3Д, которая позволяет в наиболее полной мере получить представление о глубинном строении и площадном распространении геологических тел.

Качественные, выполненные на современном технико-методическом уровне полевые сейсмические работы, и последующая обработка и интерпретация материалов позволяют получить более достоверные сведения о

размерах, конфигурации и строении залежей, снизить риски эксплуатационного бурения, избежать наличия большого количества "сухих" скважин и, соответственно, повысить рентабельность эксплуатации месторождений.

Разрешающая способность метода сейсморазведки, наложенная на уровень сложности сейсмогеологических условий, качество полевых и камеральных сейсмических работ, степень разбуренности площади исследований, оказывает влияние и на точность сейсмических построений. Точность структурных построений можно повысить, оптимизировав технологию полевых наблюдений, повысив кратность съемки, применив специализированные, узконаправленные процедуры на этапе обработки или интерпретации, например, метод замещения слоя [4]. Однако проведение повторных полевых сейсморазведочных работ на находящихся в высокой стадии разбуренности месторождений как правило затруднено и труднообоснованно. В связи с этим приходится работать с материалами прошлых лет, которые зачастую не позволяют улучшить результаты итоговой интерпретации.

Учет на этапе эксплуатационного бурения сейсмогеологических рисков, оказывающих влияние на качество и точность структурной основы, являются важным фактором, который напрямую влияет на успешность эксплуатационного бурения [5].

Сейсмогеологические риски. В АО «Оренбургнефть», начиная с 2012 года, с целью снижения рисков не подтверждения структурных построений начала выполняться систематическая работа по анализу материалов сейсморазведки на этапах разработки месторождений и эксплуатационного бурения с целью минимизировать риск некорректного построения геологической структуры. Практика показала, что глубокое понимание особенностей геологического строения и их отражения в сейсмическом волновом поле позволяет уверенно оценивать вероятность успешного подтверждения структурных элементов месторождения и оперативно корректировать

планы и назначение скважин эксплуатационного бурения. Основой при анализе являлись выделение, ранжирование и учет сейсмогеологических рисков. Сейсмогеологические риски можно разделить на две группы: собственно сейсмические (связанные с качеством сейсмического материала) и сейсмогеологические (геологические элементы разреза, искажающие волновую картину) (Рис. 1).



Рис. 1. Схема сейсмогеологических рисков

Рассмотрим указанные риски подробнее. *Кратность сейсмических наблюдений (кратность перекрытия)* – число трасс формирующих итоговую трассу общей глубинной точки (ОГТ). Чем выше кратность, тем в целом выше соотношение сигнал/шум (S/N). С 2010 годов в АО “Оренбургнефть” при выполнении полевых сейсмических работ соблюдается номинальная кратность - 180. В связи с тем, что кратность накапливается с глубиной, пропуски сейсмических наблюдений ведут к снижению кратности на уровне отражающих горизонтов (ОГ) в верхней части разреза (ВЧР). А значительные пропуски, либо выносы сейсмических наблюдений могут привести к полному отсутствию целевых отражающих горизонтов. Пропуски сигнала и

нерегулярность системы наблюдений на площади работ приводят к потере информации об отражающих границах, снижению достоверности корреляции отражающих горизонтов, осложнению проведения различных процедур на этапе обработки сейсмических данных и, в итоге, снижению достоверности структурных построений.

Обычно эти пропуски связаны с наличием сложного рельефа местности (горная местность, овраги, склоны и т.д.), водоохранные, санитарно-защитные, охраняемые зоны (Рис. 2).

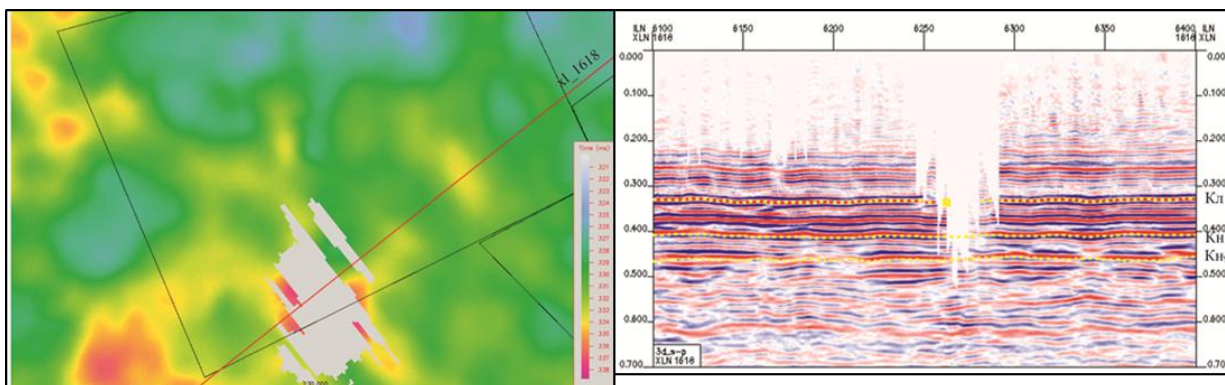


Рис. 2. Отсутствие сейсмической записи в ВЧР на карте наблюденных времен ОГ Кл и на временном разрезе

Еще одним сейсмическим риском являются *зоны шивки сейсмических кубов*, которые возникают при обработке материалов разных лет обработки, разных временных сезонов, различных источников возбуждения сейсмических сигналов и с применением разных характеристик полевых систем наблюдений. В результате часто наблюдается различие в частотном составе, уровне амплитуд, возможно изменение полярности записи и др. Все вышеперечисленное ведет к необходимости формирования более сложного единого графа обработки. Иногда сейсмический материал не переобработывается с единым графом обработки (либо выполнение определенных процедур по тем или иным причинам затруднено в едином ключе), и можно видеть картину, которая приведена на рис. 3. Результатом является снижение качества и достоверности динамического анализа, либо полная невозможность решения динамических задач.

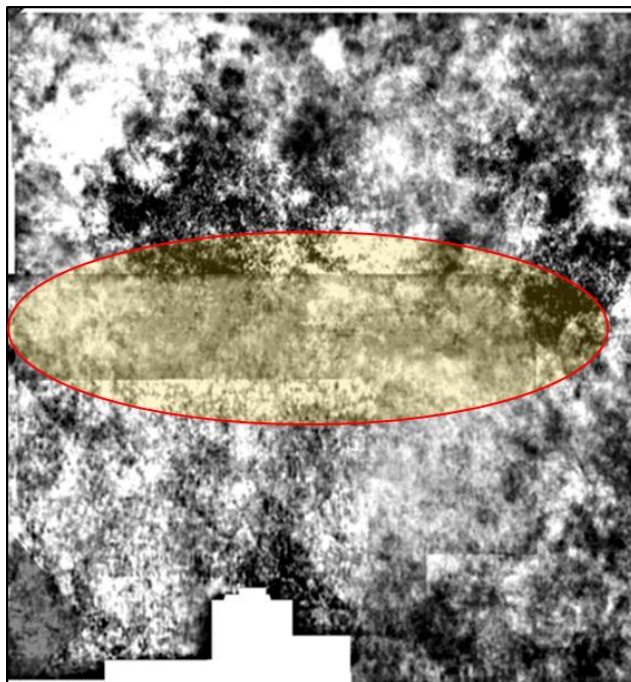


Рис. 3. Отображение зоны сшивки кубов различных съемок МОГТ 3Д на пропорциональных срезах по кубам углов наклона

Артефакты обработки являются фактически ошибкой (браком), низким качеством обработки и при должном уровне сопровождения камеральных работ со стороны заказчика в настоящее время встречаются редко. Однако при анализе результатов сейсмических работ прошлых лет важно выявлять и учитывать наличие артефактов обработки. На рис. 4 представлен пример ошибки, возникшей при обработке сейсмических данных — фазовый переход. Эта аномалия может вызвать формирование ложных представлений о геологии, конфигурации и амплитуде структуры, либо к картированию ложной структуры.

Зоны карста оказывают существенное влияние на характер сейсмической записи во всей нижележащей части геологического разреза; в качестве примера приводится искажающее влияние низкоскоростных неоднородностей в высокоскоростном карбонатном разрезе окско-башкирских отложений на нижележащие отложения карбона и девона.

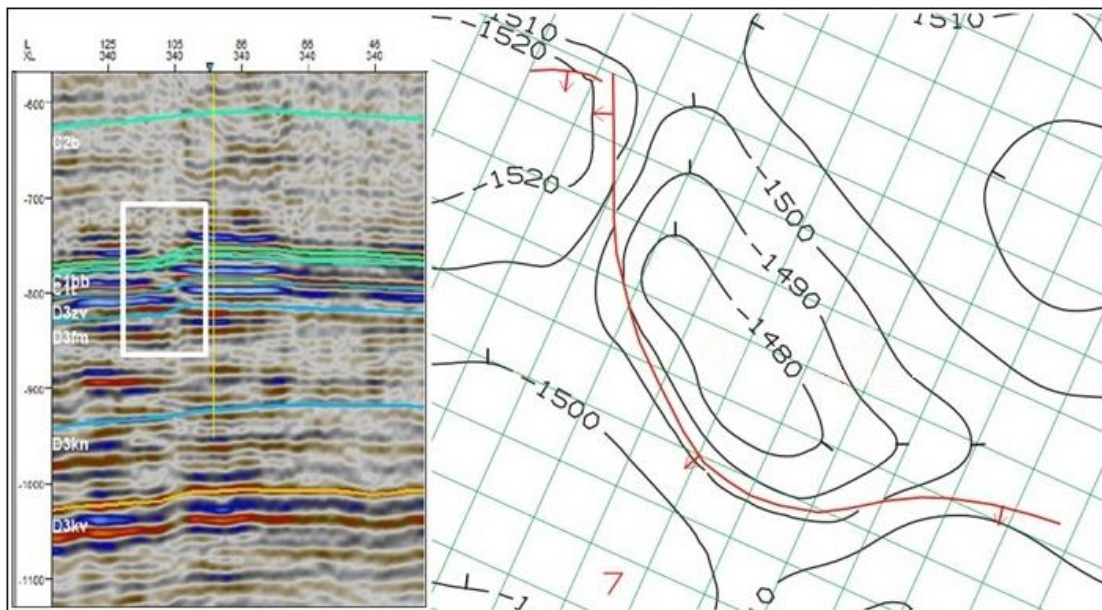


Рис. 4. Пример артефакта обработки – фазовый переход

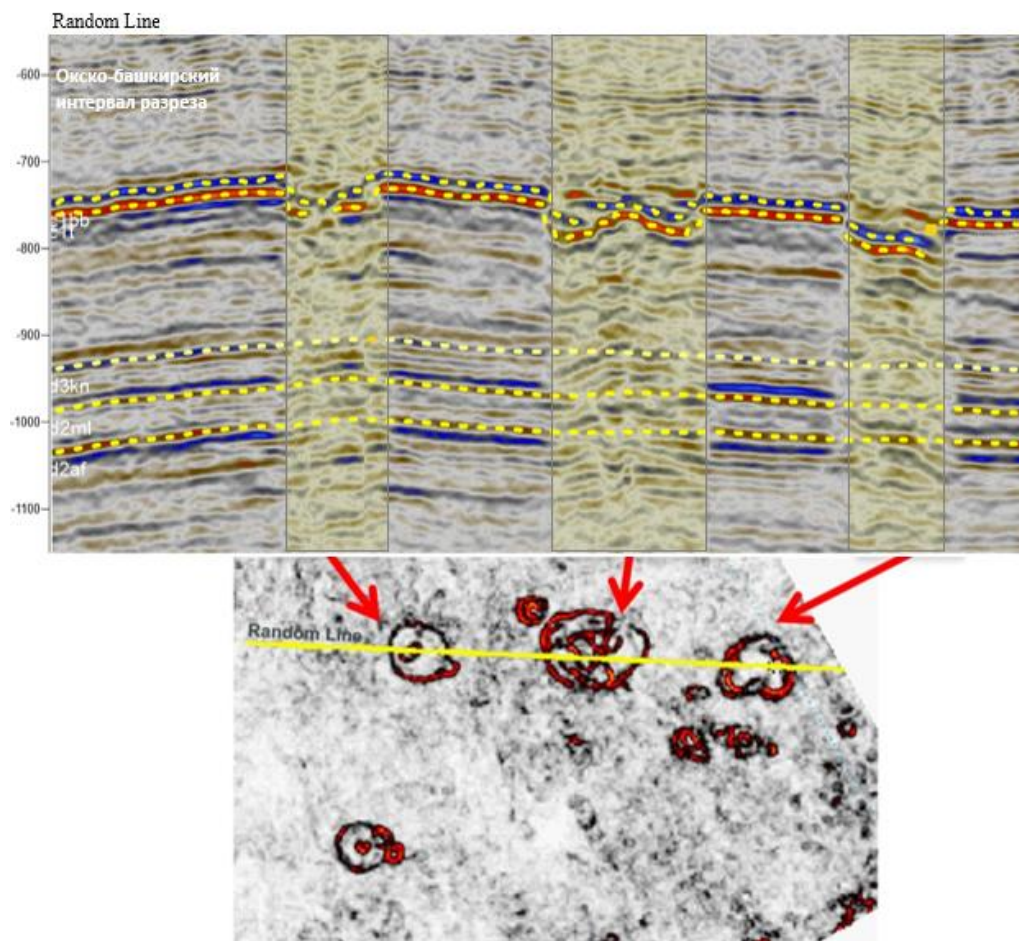


Рис. 5. Проявление искажающего влияния геологических аномалий предположительно карстового генезиса на низележащие отражения.

На временном разрезе (А) и срезе когерентности (Б)

Объекты *рифогенного* генезиса формируют эффект ложных поднятий по нижележащим отложениям девонского возраста, обусловленный высокоскоростными рифогенными постройками (Рис. 6).

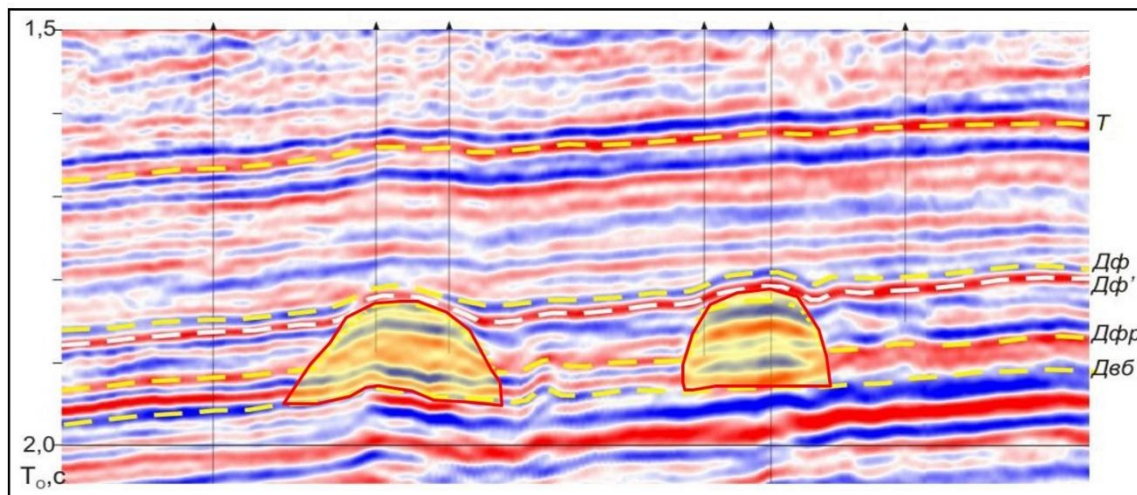


Рис. 6. Вертикальный разрез сейсмического временного куба через объекты рифогенного генезиса франско-фаменского возраста

Также риски для заложения скважин несут и *дизъюнктивные нарушения* и связанные с ними неопределенности (Рис. 7). Разломная тектоника и качество ее отображения и выделения в волновом поле зависят от многих факторов, как чисто сейсмических (качество полевых сейсмических наблюдений, уровень обработки и интерпретации сейсмических материалов), так и сейсмогеологических (глубина залегания, амплитуда разлома, сложность и интенсивность тектонических движений и т.д.). Приразломные зоны неизменно представляют собой зоны повышенного риска при проведении буровых работ, что обязывает учитывать их при проектировании. При бурении в приразломной зоне оценивается ширина вдоль разлома возможных осложнений, связанных со степенью достоверности картирования нарушения, качестве корреляции основных ОГ вблизи разлома, его амплитуды, угла наклона и др. При наличии высоких рисков оценивается возможность смещения точек эксплуатационного бурения, либо смена назначения скважины.

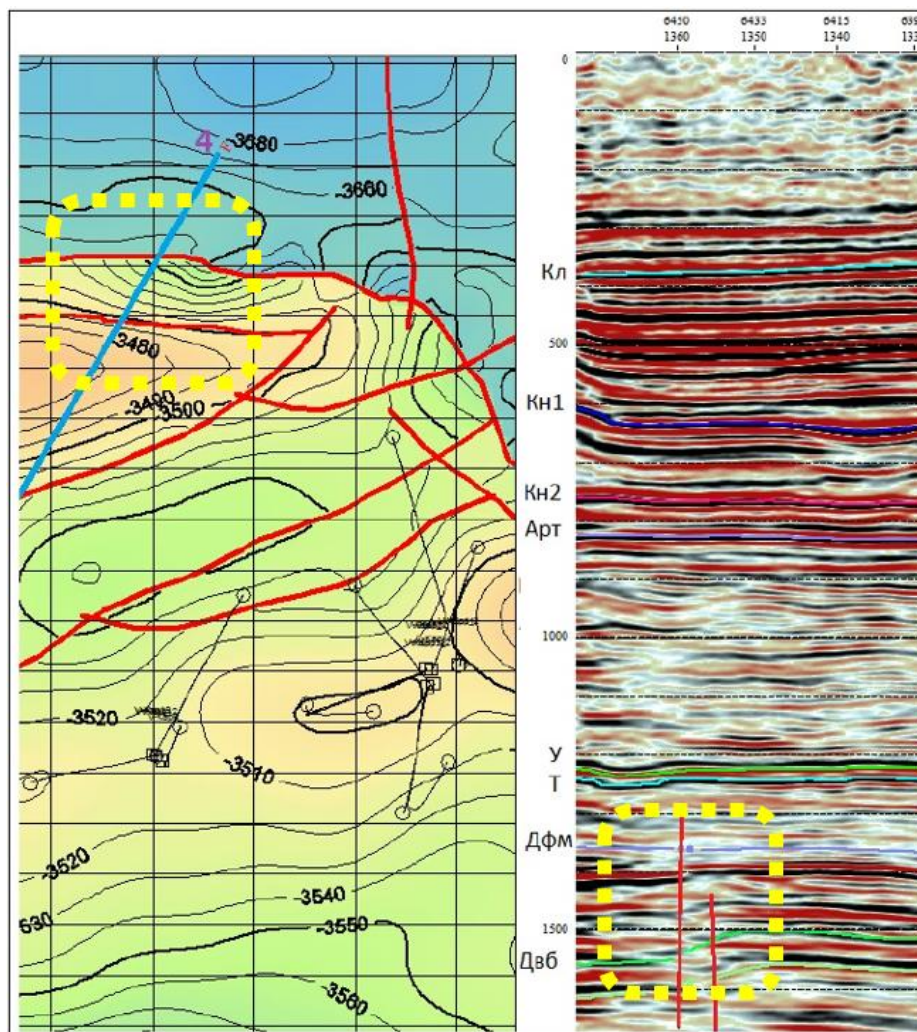


Рис. 7. Дизъюнктивные нарушения в девонском интервале разреза и неоднозначности прослеживания их в волновом поле

Зоны резкого изменения солей кунгурского возраста являются широко распространенным риском в сейсмогеологических условиях Оренбургской области. Локальные структурно-вещественные неоднородности кунгурской сульфатно-галогенной толщи оказывает существенное влияние на точность структурных построений [1]. Кунгурские отложения представлены невыдержанными пропластками каменной соли, встречаются пропластки ангидридов. Толщина солей варьирует в широких пределах, от первых метров до 200-250 метров, увеличиваясь в направлении Прикаспийской впадины, где может достигать величин более 1000 метров. Аномалии в волновом поле, связанные с солями кунгурского возраста, формируют локальные

скоростные неоднородности и влияют на точность прогноза целевых горизонтов, залегающих ниже по разрезу.

Из-за изменения толщин отложений солей и ангидритов резко меняется интервальная скорость распространения сейсмических волн в разрезе. Чаще всего под зонами сокращенных толщин солей наблюдается “затягивание” волнового поля и образование ложных структур, а под зонами увеличенных толщин солей нижележащие ОГ «прогибаются», образуя ложные прогибы [2].

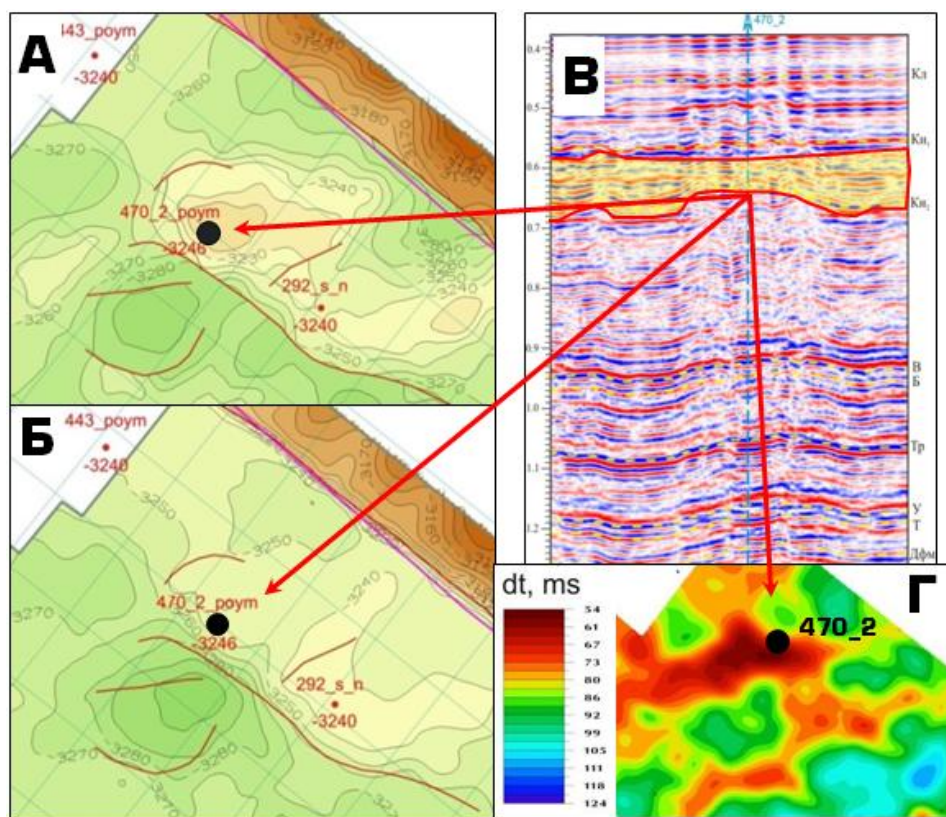


Рис. 8. Пример образования ложной структуры под зоной сокращения мощности кунгурских солей на временном разрезе (В). Структурная карта ОГ Дкн до и после бурения (А, Б), Г – фрагмент карты сейсмогеологических рисков

Методология и алгоритм учета сейсмогеологических рисков при планировании эксплуатационного бурения. Можно выделить три основных этапа оценки сейсмогеологических рисков – создание карты сейсмогеологических рисков, создание планшета к проектной точке и формирование светофора оценки риска.

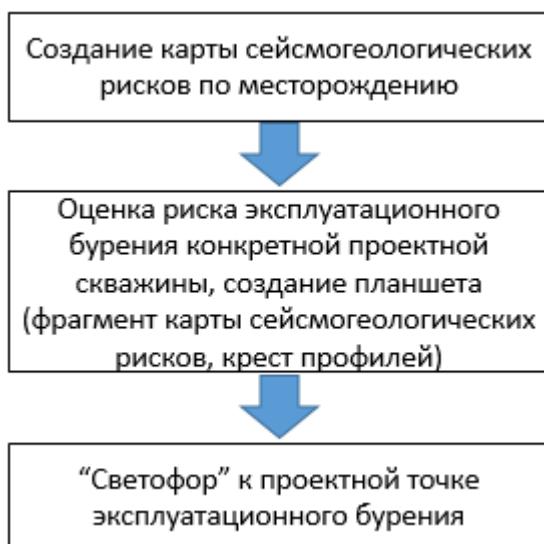


Рис. 9. Схема этапов работ по оценке рисков

На первом этапе в рамках работ по сопровождению эксплуатационного бурения в части оценки сейсмогеологических и связанных с ними структурных рисков выполнялась ревизия всего сейсмического материала и формирование карт сейсмогеологических рисков (Рис. 10) по месторождениям.

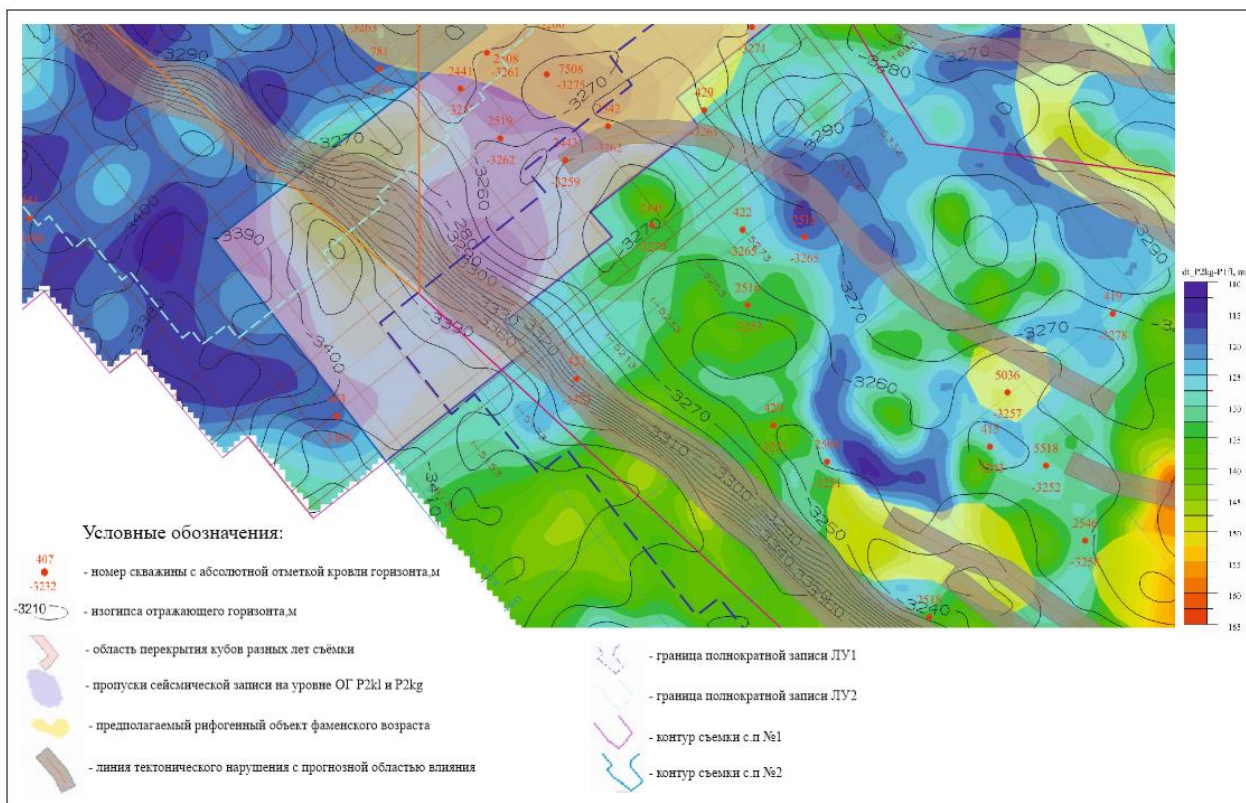


Рис. 10. Фрагмент карты сейсмогеологических рисков

Факторы, влияющие на качество и точность структурных построений и требующие учета при создании «карты рисков»: зоны ухудшения прослеживаемости связанные с ВЧР, зоны снижения кратности, зоны, связанные со «сшивкой» сейсмических кубов разных лет. Проблемные участки, возникшие на этапе обработки сейсмических данных, участки сокращения толщи кунгурских отложений, зоны развития процессов карстообразования, биогермных построек, тектонических нарушений и других геологических элементов, оказывающих значительное влияние на волновое поле.

Также на «карте рисков» должны быть нанесены – пробуренные ранее на участке исследований скважины, граница лицензионного участка и другая актуальная информация.

В последующем при уточнении сейсмической основы в результате переинтерпретации, поисково-разведочного, эксплуатационного бурения карты сейсмогеологических рисков актуализируются.

На втором этапе формируется планшет рисков к конкретной точке эксплуатационного бурения на котором показывается:

- в случае наличия съемки 3Д ближайшее сечений InLine и Crossline к проектной скважине с нанесенной корреляцией основных отражающих горизонтов, возможно приложение сечения Random Line если он наиболее полно и информативно отображает риски бурения и особенности волнового поля в точке проектной скважины и вокруг нее;

- в случае наличия съемки 2Д прикладывается ближайший крест профилей (с нанесенной корреляцией основных отражающих горизонтов) и на них сносится проектная скважина.

Также прикладывается увеличенный участок структурной карты (по отражающим горизонтам ближайшим к продуктивным пластам) с нанесенными проектными скважинами, совмещенной с «картой рисков».

Планшет рисков дополняется «светофором» оценки сейсмогеологических рисков к скважине, в котором приводится информация о точности

структурных построений ОГ приуроченного к перспективному (целевому) пласту, описание структурного риска с учетом прогнозной высоты залежи в проектной точке вскрытия пласта. Дополнительно оцениваются иные осложняющие факторы которые влияют на итоговую оценку сейсмогеологического риска. Итоговая оценка риска выполняется в трех вариантах – высокий риск (красный), средний риск (желтый), низкий риск (зеленый).



Месторождение	Год бурения	Номер скважины	Объект	Назначение	Точность структурных построений	Структурный риск	Структурный риск (комментарий)	Зона снижения кратности	Искажающее влияние солей	Зона неуверенной корреляции	Влияние разрывной тектоники	Влияние рифловых построек	Другое	Итоговый риск бурения
Перспективное	доп.	901	A4	доб.	7.3		Расположена на крыле залежи. Высота залежи по пласту A5 = 7.5 м, при принятом УПУ – 2360 м.	Рядом с зоной сшивки кубов	Граница изменения мощности солей (с выдержанных на пониженные)	-	-	-	-	

Рис. 11. Пример “светофора” к перспективной точке эксплуатационного бурения

В случае сопровождения горизонтального бурения и при достаточно большой длине горизонтального участка ствола скважины на этапе оценки сейсмогеологических рисков оцениваются две точки Т1 (начальная точка входа в целевой пласт), Т2 (конечная точка, забой).

В процессе работы с сейсмогеологическими рисками выдаются рекомендации о смещении скважин в более благоприятные точки, либо смены назначения скважин если это укладывается в выбранную стратегию разработки залежи и соответствует сетке эксплуатационного бурения и/или сетка бурения корректируется с учетом имеющихся сейсмогеологических рисков. В итоговом варианте достигается балансирующая, согласованная модель стратегии разработки, учитывающая много факторов: текущую ситуацию по работе скважин, имеющиеся риски по разработке, геологические риски, риски по инфраструктуре, сейсмогеологические риски и т.д.

В АО «Оренбургнефть» оценкой сейсмических рисков начали заниматься с 2012 года. Сперва это были единичные скважины и месторождения, которые разбирались детально и нарабатывалась опытная база. Начиная с 2017 года началось активное внедрение. За этот период пробурено порядка 633 скважин из которых по 79 % скважин основным выявленным риском

является изменение мощности солей или изменение скоростей как в солевом, так и подсолевом интервалах (Рис. 12).

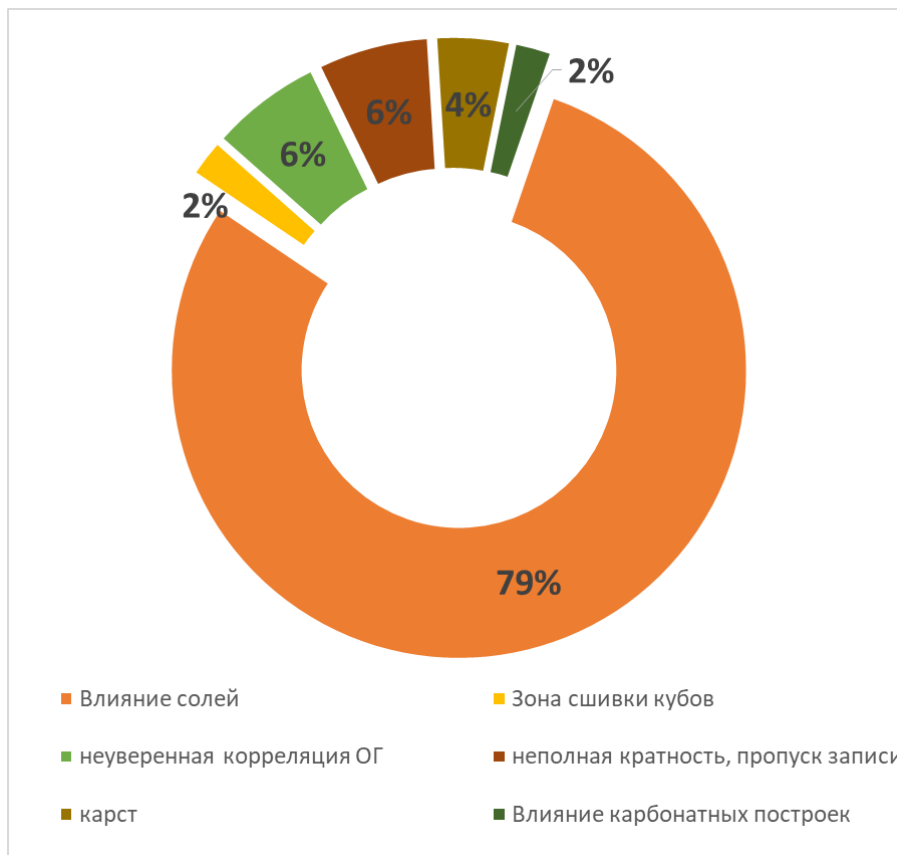


Рис. 12. Доля выявленных рисков в программе эксплуатационного бурения

Как видно из рис. 13, работа с сейсмогеологическими рисками позволила увеличить успешность бурения в части подтверждаемости структурных построений которая в 2024 году достигла 100 %. Динамика показана с 2017 года, когда оценкой сейсмогеологических рисков была покрыта вся программа эксплуатационного бурения. Скважина считается успешной, если отклонение от заданной глубины целевой точки не превышает точность структурных построений по данным сейморазведки. Например, для пласта Т1, который находится на глубинах от -1700 до -2600 м, точность структурных построений в пределах съемки 3Д может достигать величин 17 м., что чаще всего превышает амплитуду залежи. На этапе геологоразведочных работ (ГРР) точность структурных построений рассчитывается

по всей площади сейсморазведочных работ. При больших площадных съемках в контур расчета точности попадают месторождения с различными геологическими особенностями, разной степенью разбуренности и возможно отличающимися сейсмогеологическими рисками. Для оценки сейсмогеологических рисков конкретного месторождения нами уточнялась точность структурных построений в пределах именно этого месторождения. Таким образом, мы получаем значения точности, которые более точно отображают ситуацию на месторождении.

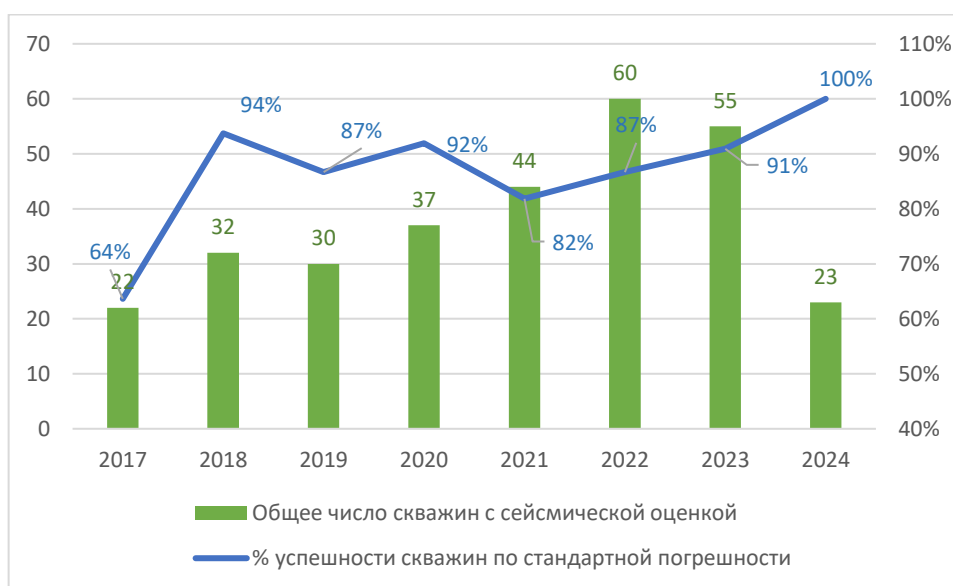


Рис. 13. Динамика учета риска по солям

Выводы. Анализ, оценка и ранжирование сейсмогеологических рисков на этапе проектирования эксплуатационного и поисково-разведочного бурения позволяет минимизировать их влияние на структурные построения, учесть влияние рисков путем корректировки назначения скважин, сетки скважин, очередности бурения. Описанный подход не требует сложных и продолжительных работ над исходными данными, что в значительной степени позволяет экономить ресурсы и быстрее принимать решение при проектировании эксплуатационного бурения. За время его применения на месторождениях АО «Оренбургнефть» он доказал свою состоятельность, простоту использования и иногда возможность не дожидаться актуализации

сейсмических материалов. Однако стоит обратить внимание, что работа с рисками позволяет только принимать решения по выбору назначения скважин, их очередности и небольшой корректировки забоев, работы по актуализации материалов сейсморазведочных работ необходимо проводить также регулярно для получения более точного структурного каркаса.

Данный подход формировался в геологических условиях Волго-Уральской НГП, однако может быть легко трансформирован под особенности и исходные данные любого региона.

Список литературы

1. Александров А.А. Локальные неоднородности соляных толщ в сейсморазведке – Наука, Москва, 1989.
2. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии.-М.: Недра, 2003. – 227 с.
3. Постоенко П.П. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. – Оренбургское книжное издательство, Оренбург, 1997.
4. А.Н. Гаврилов, Е.В. Астафьев, Г.В. Шакирова, Ю.И. Никитин, Н.Н. Корягин Применение метода замещения слоя на этапе интерпретации данных сейсморазведки 3D с целью снижения влияния скоростных аномалий на точность структурных построений. Геология нефти и газа, Москва, 2019.
5. К.С. Рейтухов, С.В. Трошкин, Н.В. Филиппова, Т.А. Мамедова Повышение успешности бурения путем оценки сейсмогеологических рисков и ранжирование ввода в бурение проектных скважин ПРБ и ЭБ на территории Волго-Уральском НГП, Нефть.газ.новации 2022.

References

1. Aleksandrov A.A. Local Heterogeneities of Salt Layers in Seismic Exploration – Nauka, Moscow, 1989. (in Russian)
2. Kozyrev V.S., Zhukov A.P., Korotkov I.P., Zhukov A.A., Shneerson M.B. Accounting for Heterogeneities of the Upper Part of the Section in Seismic Exploration. Modern Technologies.-M.: Nedra, 2003. – 227 p. (in Russian)
3. Postoenko P.P. Geological structure and oil and gas potential of the Orenburg region. – Orenburg Book Publishing House, Orenburg, 1997. (in Russian)
4. A.N. Gavrilov, E.V. Astafyev, G.V. Shakirova, Yu.I. Nikitin, N.N. Koryagin Application of the layer replacement method at the stage of 3D seismic data interpretation in order to reduce the influence of velocity anomalies on the accuracy of structural constructions. Geology of Oil and Gas, Moscow, 2019. (in Russian)
5. K.S. Reityukhov, S.V. Troshkin, N.V. Filippova, T.A. Mamedova Increasing the success of drilling by assessing seismogeological risks and ranking the entry into drilling of design wells of PRB and EB in the territory of the Volga-Ural NGP, Neft.gaz.innovations 2022. (in Russian)

Сведения об авторах

Барулин Дмитрий Александрович, менеджер, АО “Оренбургнефть”
Россия, 461050, г. Бузулук, 3-й мик-он, 13а
E-mail: barulin-dmitrii@mail.ru

Соболев Виктор Игоревич, зам. нач. управления, АО “Оренбургнефть”
Россия, 461050, г. Бузулук, мик-он Никольский, ул. Казачья, 35
E-mail: v_sobolev@list.ru

Authors

D.A. Barulin, Manager, JSC “Orenburgneft”
13a 3-mikroraion, Buzuluk, 461050, Russian Federation
E-mail: barulin-dmitrii@mail.ru

V.I. Sobolev, Deputy Head of the Department, JSC “Orenburgneft”
35 Kazachia St., Nikolsky mikroraion, Buzuluk, 461050, Russian Federation
E-mail: v_sobolev@list.ru

Статья поступила в редакцию 17.10.2025
Принята к публикации 27.03.2026
Опубликована 30.03.2026