

**Е. В. Анохина, Л. Е. Стариков, А. В. Киричек,
М. Н. Назарова, Л. Ф. Жегалина, К. Д. Сисембаев,
М. Д. Досмухамбетов, К. Исмаилов**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РАССЕЯННЫХ ВОЛН ПО МЕТОДУ CSP ПРИ ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УВ С КОЛЛЕКТОРАМИ ТРЕЩИННОГО ТИПА

Приведены результаты оценки ресурсов месторождения с трещинно-кавернозным типом коллектора. Описана методика комплексной интерпретации сейсмических данных по методу CSP, позволяющая на выходе получить такие важные параметры, как площадь распространения трещинного коллектора и его толщина. Доказана важность точного определения формы и размера залежей в карбонатах и гранитах для корректной оценки потенциала месторождения.

Results of an assessment of resources of a field with fracture and cavernous type of a collector are given. The technique of complex interpretation of seismic data on the CSP method is described, allowing to receive such important parameters, as the area of distribution of a fracture collector and its thickness. Importance of exact definition of a form and the size of deposits in carbonates and granites for a correct assessment of potential of a field is proved.

Ключевые слова: сейсморазведка, отраженные волны, рассеянные волны, нефтегазоносность, трещинно-кавернозный коллектор, акустическая неоднородность.

Key words: seismic exploration, reflected wave, scattered wave, oil-and-gas content, fracture cavernous reservoir, porous fractured reservoir, acoustic heterogeneity.

Введение

Сегодня не существует утвержденных методик подсчета запасов углеводородов для месторождений с коллекторами трещинно-кавернозного типа. Успешное использование данных сейсморазведки для под-



счета запасов углеводородов в таких сложных сейсмо-геологических условиях и/или с большой изменчивостью коллекторских свойств по laterали требует проведения всех этапов сейсмических работ на максимально высоком методико-технологическом уровне, с применением последних достижений сейсмической науки и практики.

Для подсчета запасов и оценки ресурсов подобных месторождений может использоваться метод Common Scattering Point (CSP) (авторы А. Н. Кремлев, Г. Н. Ерохин), эффективность которого доказана во многих геологических условиях [1 – 3]. Первые попытки проведения подобных работ были предприняты в 2007 г. по данным 2D сейсморазведки в пределах Красноленинской и Ляминской поисковых зон в Западной Сибири. По результатам проведенных работ ресурсы был сделан вывод о значительном увеличении ресурсов данных поисковых зон.

Следующим этапом развития технологии стал опыт ее применения для оценки ресурсов по данным 2D сейсморазведки. Объектом исследования было выбрано месторождение Оймаша, расположенное на территории Республики Казахстан. Месторождение Оймаша открыто в 1980 г. Основная нефтеносность месторождения связана с отложениями среднего триаса и с гранитной интрузией.

Нефтенасыщенной в гранитной интрузии является приподнятая часть тела гранитного массива, непосредственно выходящая на дневную поверхность, где получили основное развитие выветрелые граниты, находящиеся на различной глубине от поверхности гранитного массива, что подтверждено результатами опробования и испытания скважин. Коллекторы характеризуются высокой неоднородностью и резкой изменчивостью по площади и разрезу, поэтому резервуар имеет сложные контуры.

Нефтеносные известняково-вулканогенная и вулканогенно-доломитовая пачки среднего триаса представляют собой единый резервуар, что подтверждают данные эксплуатации скважин. Продуктивность в основном связана с трещинно-поровыми типами коллекторов.

Данное месторождение было определено в качестве полигона для комплексного изучения недр геологическими и геофизическими методами. Были проведены детальные сейсморазведочные, высокоточные гравиметрические и магнитометрические работы. В результате были построены и увязаны с данными бурения карты по шести отражающим горизонтам юрско-триасовой толщи, что позволило детализировать и уточнить представление о тектоническом развитии изучаемой площади и установить соотношение структурных планов по отдельным стратиграфическим уровням. Несмотря на такой большой объем проведенных работ, данных о строении резервуара в гранитной интрузии получено не было. Был выделен только перспективный блок в северо-восточной части гранитной интрузии. В связи с этим было принято решение применить метод CSP, базирующийся на использовании рассеянных волн.



Методика комплексной интерпретации данных по методу CSP

Обработка материалов по методу CSP позволяет получить два куба — стандартный куб отраженных волн (куб рефлекторов) и куб рассеянных волн (куб дифракторов).

Куб отраженных волн используется для привязки скважинных данных к временным разрезам, корреляции целевых отражающих горизонтов и построения разломно-блоковой модели изучаемого месторождения. Так как разломы — основные источники трещиноватости, то принципиально важно составить максимально полную картину разломной тектоники изучаемого месторождения, получить которую можно путем совместной интерпретации куба рефлекторов и куба дифракторов. Помимо этого, такая интерпретация позволяет разделять разломы на флюидопроницаемые и флюидонепроницаемые. Также возникает возможность выявления проницаемых разломов без вертикальных смещений, выделение которых на разрезах отраженных волн вызывает большие сомнения. Созданная разломно-блоковая модель и все геолого-промысловые данные импортируются в куб дифракторов. Этот финальный куб данных выступает основой для построения емкостно-фильтрационной модели резервуара с трещинно-кавернозным коллектором и оценки ресурсов.

Прогноз зон распространения коллекторов трещинно-кавернозного типа в пределах гранитной интрузии и среднего триаса

В интервале залегания резервуара гранитной интрузии с трещинно-кавернозным типом коллектора, вмещающего залежь нефти, по результатам интерпретации поля рассеянных волн выделены зоны разной перспективности (рис. 1). Выделение зон осуществлялось по интенсивности амплитуд рассеянных волн (рис. 2); дебиту нефти в скважинах, пробуренных в прогнозируемой зоне; местоположению зоны в палеоструктурном и современном структурном плане; площади прогнозируемой зоны.

Высокоперспективная зона определяется высокими значениями амплитуд рассеянных волн, а также существенными дебитами нефти в скважинах, пробуренных в пределах этой зоны. Эти показатели продуктивного интервала позволяют предполагать высокие значения ФЕС коллекторов. Прогнозируемая зона имеет значительную площадь, расположена в наиболее приподнятой части территории как полеоструктурном, так и в современном структурном плане. Исходя из приведенных характеристик прогнозируется, что данная зона обладает значительными прогнозными запасами углеводородов.

Перспективная зона расположена северо-восточнее высокоперспективной зоны и характеризуется средними значениями амплитуд рассеянных волн и притоками нефти менее 10 м³/сут. Перспективная зона обладает значительными ресурсами, ее площадь сопоставима с площадью высокоперспективной зоны, и в этой зоне прогнозируется наличие коллекторов хорошего качества.

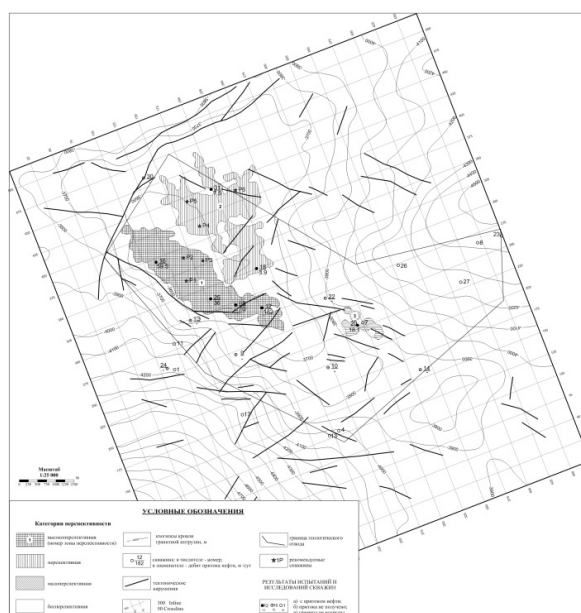


Рис. 1. Карта перспектив нефтегазоносности верхней части гранитной интрузии

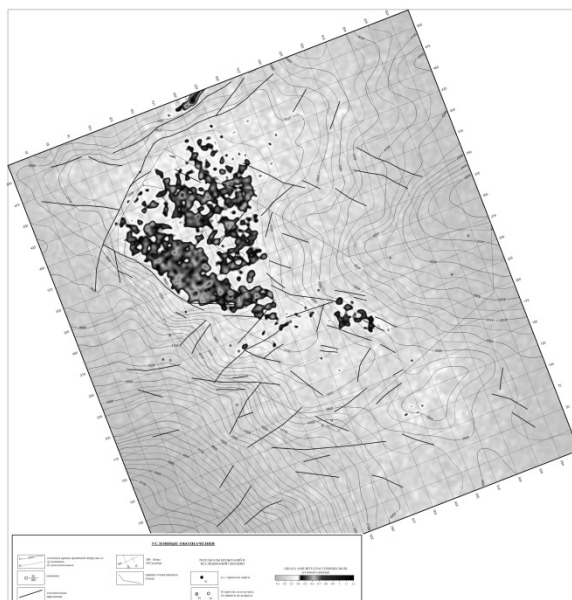


Рис. 2. Карта амплитуд рассеянных волн верхней части гранитной интрузии

Анализируя изменение интенсивности поля рассеянных волн по разрезу (рис. 3) в интервале залегания гранитной интрузии, необходимо отметить, что интенсивность поля резко падает с глубиной, что может свидетельствовать об ухудшении коллекторских свойств. Все дан-



ные бурения, результаты испытания скважин и исследования керна говорят о том, что интервал пород, обладающих удовлетворительными коллекторскими свойствами, составляет не более 100–150 м.

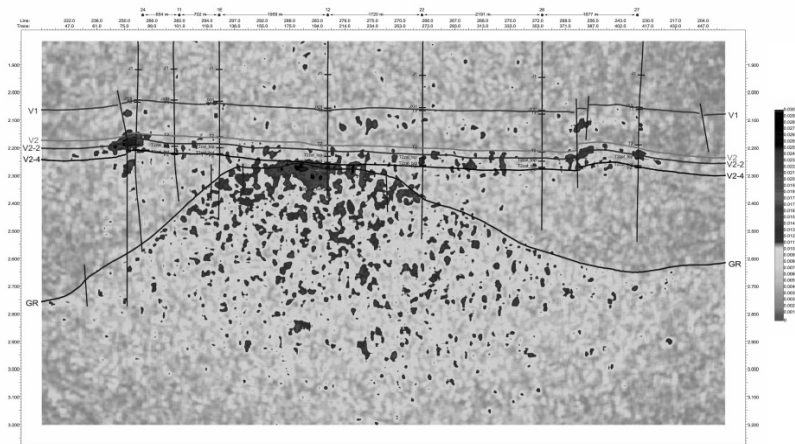


Рис. 3. Временной разрез рассеянных волн через скважины

Нефтеносность отложений среднего триаса связана с вулканогенно-карбонатной пачкой. Согласно лабораторным исследованиям, резервуар отложений среднего триаса представлен трещинно-поровым типом коллектора. Поровый коллектор имеет площадное распространение, а трещинно-кавернозный коллектор приурочен к зонам разломов и к юго-восточному склону крупного вала, расположенного в южном блоке. Площадь распространения порового коллектора почти полностью перекрывает площадь распространения коллектора трещинно-кавернозного типа. По результатам интерпретации ГИС и петрофизических исследований керна, поровый коллектор имеет низкое качество, тем не менее его наличие увеличивает емкость трещинно-кавернозного резервуара, играющего ведущую роль в формировании пустотного пространства резервуаров. Прогноз зон распространения коллектора трещинного типа выполнялся по результатам специализированной обработки и интерпретации поля рассеянных волн.

Площадь работ по тектоническим признакам делится на три блока. Комплексный анализ тектоники, карт амплитуд рассеянных волн и результатов испытания скважин показал, что наиболее крупные резервуары с высокеемкими коллекторами трещинного типа расположены в южном блоке, занимающем наиболее высокое гипсометрическое положение.

На основе карты амплитуд рассеянных волн интервала залегания продуктивной карбонатно-вулканогенной толщи (рис. 4) и структурного плана построена карта прогноза зон распространения трещинно-кавернозного коллектора в отложениях этой толщи. Основными критериями перспективности выделенных объектов являются интенсивность аномалий дифракторов, определяющая качество коллектора, структурный план продуктивной пачки, размеры объекта и результаты испытаний этой пачки в скважинах.

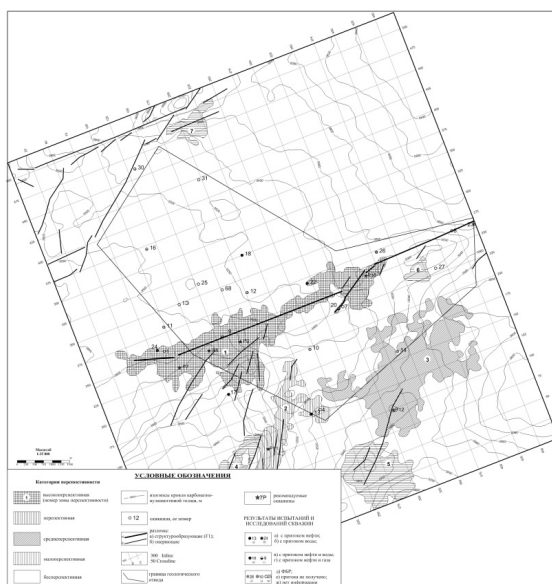


Рис. 4. Карта перспектив нефтегазоносности в отложениях среднего триаса

Высокоперспективная зона, характеризующаяся высокими значениями амплитуд поля рассеянных волн — дифракторов, приурочена к резервуару с высоко проницаемым трещинно-кавернозным типом коллектора, расположена в наиболее приподнятой части площади по кровле продуктивной толщи в области крупного высокoамплитудного разлома субширотного простирания, осложненного оперяющимися разломами северо-восточного простирания (рис. 5).

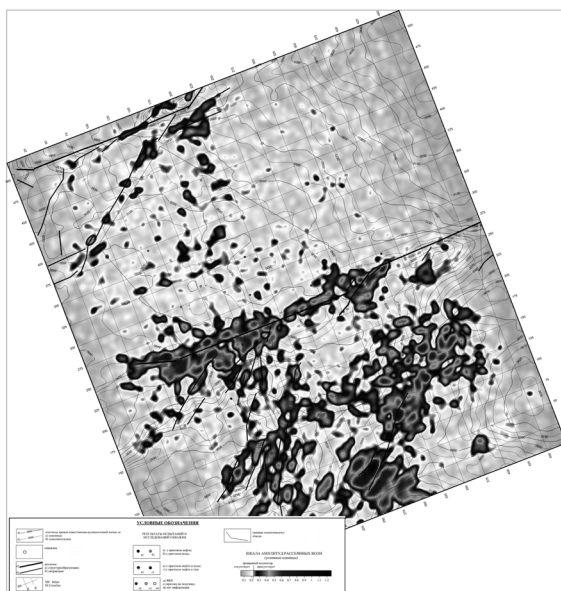


Рис. 5. Карта амплитуд рассеянных волн в отложениях среднего триаса



Среднеперспективная зона расположена на склонах вала. Амплитуды рассеянных волн имеют высокие и средние значения, что интерпретируется как наличие в продуктивной толще коллекторов трещинно-кавернозного типа преимущественно хорошего и среднего качества.

Оценка перспективных ресурсов нефти

Использование карт и разрезов рассеянных волн позволяет выделить трещинно-кавернозную часть резервуара и рассчитать необходимые для оценки ресурсов геометрические параметры: площадь распространения коллектора и его эффективную толщину.

Остальные подсчетные параметры для коллекторов трещинного типа необходимо определять по специально разработанным методикам, опираясь на данные современных специализированных методов ГИС и анализов керна. Использование подсчетных параметров, определенных по стандартным методикам (которые разработаны для коллекторов порового типа) приводит к существенному искажению результатов и, как правило, занижению запасов и ресурсов залежей с трещинным коллектором. На данном месторождении специализированных исследований ГИС не проводилось, поэтому использовались подсчетные параметры, определенные ранее.

Подсчет прогнозных ресурсов углеводородов месторождения выполнен для залежей нефти в гранитной интрузии, вулканогенно-карбонатной пачки среднего триаса. В гранитной интрузии выявлено три резервуара с трещинно-кавернозным коллектором, в которых установлено наличие залежей нефти. Границы залежей нефти в гранитной интрузии определялась по контурам перспективных зон, выделенных на основе анализа карт и разрезов рассеянных волн (рис. 1). В предыдущем подсчете запасов авторы выделяли единую массивную залежь в гранитной интрузии.

В вулканогенно-карбонатной пачке среднего триаса выделено семь резервуаров (рис. 4). Подсчет ресурсов выполнен отдельно по каждому резервуару. Границы залежей нефти определялись по контурам перспективных зон, выделенных на основе анализа карт и разрезов рассеянных волн и сейсмических атрибутов отраженных волн. Ранее считалось, что залежь в триасе непрерывная, пластовая, тектонически-экранированная.

По результатам работ были даны рекомендации по заложению 12 разведочных скважин. В пределах гранитной интрузии в крупных зонах, отнесенных к высокоперспективным и перспективным, рекомендуется пробурить по три разведочные скважины, в отложениях триаса в пределах выявленных зон рекомендуется пробурить шесть разведочных скважин. При выборе места заложения рекомендуемых скважин учитывались следующие критерии:

- Значения амплитуд рассеянных волн. Аномалии поля рассеянных волн, в пределах которых рекомендуется заложение скважины, характеризуются высокими значениями амплитуд.
- Структурный план кровли гранитной интрузии. Заложение скважин рекомендуется в наиболее приподнятых частях перспективных зон.
- Площадь и степень перспективности зоны.



В результате переоценки перспективных ресурсов с использованием рассеянных волн по сравнению с определенными ранее удалось установить, что ресурсы в целом по месторождению увеличились. Основной прирост ресурсов нефти произошел в среднем триасе. Объем геологических ресурсов вырос в три раза. Изменение ресурсов нефти произошло и в гранитах: геологические ресурсы увеличились в два раза.

Заключение

Использование рассеянных волн позволяет существенно повысить точность подсчета запасов и оценки ресурсов месторождений с нетрадиционными коллекторами трещинного типа. Однако для определения фильтрационно-емкостных свойств таких коллекторов необходимо применение специализированных методов ГИС и лабораторных анализов керна. Комплексное изучение результатов исследований перечисленными методами даст возможность в дальнейшем разработать методику подсчета запасов и оценки ресурсов месторождений с коллекторами трещинного типа.

139

Список литературы

1. Ерохин Г. Н., Кремлев А. Н., Стариков Л. Е. и др. Прогноз трещинно-кавернозных коллекторов в верхнеюрских отложениях Западной Сибири // Бурение и нефть. 2010. № 7–8. С. 16–19.
2. Стариков Л. Е., Киричек А. В., Кремлев А. Н. и др. Методика геологической интерпретации поля рассеянных волн, полученных по методу Common Scattering Point // Тезисы третьей международной научно-практической конференции. Калининград, 2013. С. 252–255.
3. Kremlev A. N., Erokhin G. N., Starikov L. E. et al. Fracture and cavernous reservoirs prospecting by the CSP prestack migration method // Extended Abstracts of 73th EAGE Conference & Exhibition. Vienna, 2011. May 23–26.

Об авторах

Екатерина Валерьевна Анохина — Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: EAnokhina@kantiana.ru

Леонид Евгеньевич Стариков — канд. геол.-минерал. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: LStarikov@kantiana.ru

Антон Владимирович Киричек — канд. геол.-минерал. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: Akirichek@kantiana.ru

Марина Николаевна Назарова — канд. геол.-минерал. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: MarNazarova@kantiana.ru

Лилия Феодосиевна Жегалина — канд. техн. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

LZHegalina@kantiana.ru



Куаныш Джолжанович Сисембаев — ТОО «СиЭсПиМунайСервисес», Республика Казахстан.

E-mail: kuanysh_kmg@mail.ru

Махамбет Джолдаскалиевич Досмухамбетов — АО «Мангистаумунайгаз», Республика Казахстан.

E-mail: mmg@mmg.kz

Кожаахмет Исмаилов — НГДУ «Жетыбайнефть», Республика Казахстан.

E-mail: zhtn@mmg.kz

About the authors

140

Ekaterina Anokhina — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: EAnokhina@kantiana.ru

Dr Leonid Starikov — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: LStarikov@kantiana.ru

Dr Anton Kirichek — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: AKirichek@kantiana.ru

Dr Marina Nazarova — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: MarNazarova@kantiana.ru

Dr Lilia Zhegalina — I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

LZhegalina@kantiana.ru

Kuanish Sisembaev — ТОО «CSP Munay Services», Republic of Kazakhstan.

E-mail: kuanysh_kmg@mail.ru

Mahambet Dosmuhambetov — «Mangistaumunaygas» JSC, Republic of Kazakhstan.

E-mail: mmg@mmg.kz

Kozhaahmet Ismailov — NGDU «Zhetibayneft», Republic of Kazakhstan.

E-mail: zhtn@mmg.kz