

# Эффективность технологии «палеообработки» на примере сейсморазведочных работ МОГТ-3D в Саратовской области

Г.Н. Андреев

к. г.-м. н., заместитель директора по геологии  
zpg.pole2015@yandex.ru

ООО «ЗПГ Поле», Волгоград, Россия

**В статье приводится пример эффективного использования технологии сейсморазведки, названного авторами «палеообработкой», в сейсмогеологических условиях Саратовского правобережья, характеризующихся сложной изрезанной поверхностью карбонатного палеозоя, оказывающей сильное искажающее влияние на годографы отраженных волн от границ осадочного разреза.**

## Материалы и методы

Данные сейсморазведки МОГТ-3D.

## Ключевые слова

сейсморазведка, технология «палеообработки», геологическая эффективность

Волгоградская геофизическая экспедиция была организована в 1960 г. как подразделение Нижне-Волжского научно-исследовательского института геологии и геофизики (НВНИИГГ). За прошедшие годы она меняла название, статус, стала самостоятельным предприятием — трестом «Запприкаспийгеофизика», ЗАО «Народное предприятие «Запприкаспийгеофизика», ОАО «Запприкаспийгеофизика», АО «Запприкаспийгеофизика».

На протяжении первых 25 лет своей деятельности основной ее задачей было внедрение современных достижений геофизической науки в практику и, что не менее важно, разработка собственных технико-методических приемов и технологий применительно к сложным сейсмогеологическим условиям Нижнего Поволжья. В число таких направлений входило внедрение в практику работ метода ОГТ в конце 60-х гг. Из собственных разработок наибольшее применение нашли приемы оптимизации систем наблюдения в методе ОГТ, системы возбуждения сейсмических колебаний — способ детонирующего шнура, способ шпуровых зарядов, минимизация взрывных источников при размещении зарядов ниже зоны малых скоростей, что дало возможность получить ряд патентов, в том числе на способ высокоразрешающей сейсморазведки с использованием зарядов малого веса.

Из приемов, радикально повысивших эффективность сейсморазведки при поисках сложнопостроенных объектов — рифогенных структур девонского возраста, тектонически экранированных ловушек в условиях сложного строения верхней части разреза — следует выделить способ обработки и интерпретации сейсмических материалов, названный авторами изобретения «способом палеообработки» [1]. Его активное внедрение началось в конце 80-х гг. XX столетия при поисках погребенных девонских рифов в Волгоградской области, когда Волгоградская геофизическая экспедиция перешла от опытно-методического направления своей деятельности к производственной по выполнению прямых заказов нефтегазовых компаний по поиску ловушек УВ.

Эффект от внедрения этой технологии был впечатляющим.

В сложных сейсмогеологических условиях Волгоградского Правобережья открытие месторождений характеризовалось коэффициентом «успешности» 0,1–0,2. Использование «палеообработки» скачком повысило коэффициент подтверждаемости структур до 0,9–0,95 по материалам сейсморазведки МОГТ-2D.

Только в Волгоградской области, по данным АО «Запприкаспийгеофизика», было открыто более 30 месторождений нефти в малоразмерных рифовых ловушках площадью от 0,50 км<sup>2</sup> до 1,5 км<sup>2</sup> первыми же поисковыми

скважинами. В их числе: Ново-Кочетковское, Центрально-Становое, Ново-Красинское, Медведевское и другие месторождения. В Саратовской области, были открыты Луговое, Разинское, Западно-Гурьяновское, Рубежинское и другие месторождения.

Этот метод вскоре взяли на «вооружение» другие геофизические организации: АО «Волгограднефтегеофизика», ООО «Геопроект», ГК «Петроальянс».

В чем причина резкого повышения геологической эффективности данного методического приема? Она будет понятна, если вначале укажем основную причину неэффективности стандартных методических приемов сейсморазведки применительно к условиям работ в платформенной части Русской плиты на территории Волгоградской и Саратовской областей.

Основная причина низкой геологической эффективности заключалась в характерной особенности геологического разреза, сложенного породами перми, карбона и девона, и перекрытыми отложениями мезозоя и кайнозоя.

В верхней части разреза выделяется так называемая «первая жесткая граница» — переход от сравнительно низкоскоростных отложений с  $V = 1700\text{--}2000$  м/с к высокоскоростным с  $V = 5500\text{--}6000$  м/с, поверхность которых осложнена многочисленными впадинами. Диапазон изрезанности довольно широк — от мелкой шероховатости до впадин с перепадами глубин от 0 до 300 и более метров. Они представляют собой захороненные палеодолины, заполненные преимущественно терригенными породами без явно выраженной слоистости. Изрезанность палеозойского рельефа приводит к тому, что при работах по технологии МОГТ-2D или МОГТ-3D в стандартной модификации происходит сильное искажение годографов отраженных волн. В результате, на выходе обработки сейсмических данных, происходит искажение линий  $t_0$  отраженных волн от самых верхних границ карбона, в том числе и опорных отражений, к числу которых в разных условиях относятся горизонты верхнего и среднего карбона  $RpC_3$ ,  $RpC_2pd$ ,  $pC_2ks$ ,  $pC_2mk$ . Искажаются и более глубоко залегающие границы целевых интервалов разреза — отложения нижнего карбона и девона.

При стандартном подходе к интерпретации с неизбежностью возникают ложные структуры, внешне весьма «привлекательные». Их разбуривание по подготовленным паспортам на бурение в 9 случаях из 10 заканчивалось нулевым результатом — структуры оказывались «фантомами».

Исключить искажающее влияние изрезанной поверхности карбонатного палеозоя на отражения от более глубокозалегающих границ, избежать появления ложных структур, как следствие негиперболичности

годографов отраженных волн, — в этом состоит основная и единственная цель палеообработки.

Осуществляется эта задача получением так называемых «палеовременных разрезов», когда приемники и источники сейсмических колебаний «погружаются» на некоторую устойчивую протяженную по площади поверхность ниже искажающей границы. Для каждого региона выбирается свой опорный горизонт, который в процессе обработки трансформируется в горизонтальную линию. Заметим, что такое выравнивание не эквивалентно процедуре палеорекострукции, когда из стандартного временного разреза получают палеоразрез на определенное геологическое время для целей палеотектонического анализа.

В сложных сейсмогеологических условиях зачастую невозможно непрерывно проследить опорный горизонт на временном разрезе, поскольку он бывает почти полностью разрушен из-за временной близости к искажающему горизонту. Но даже если он удовлетворительно прослеживается на временном разрезе, стандартное выравнивание как раз и приводит к появлению несуществующих геологических структур. Отметим также, что для получения палеовременных разрезов не требуется знание скоростной характеристики среды по данным глубоких скважин.

Палеообработка проходит по алгоритмам, принятым в технологии получения стандартных разрезов, с использованием коррекции статических поправок и перебора скоростей ОГТ. Палеовременный разрез

не содержит искажений, присущих такой процедуре, как получение глубинных динамических разрезов по алгоритму PSDM, требующего к тому же знания скоростной среды и непрерывной корреляции отражающих горизонтов. На палеовременных разрезах восстанавливаются реальные временные соотношения между отражающими горизонтами, динамические особенности отражений подчеркивают специфику геологического строения, будь то рифовые образования, тектонические нарушения или иные неструктурные особенности геологического разреза.

Основным недостатком палеовременных разрезов является то, что они дают очень четкую картину геологического строения во временном представлении только на «палеовремя», но по определению не могут характеризовать современное строение с учетом позднейших тектонических движений. Чтобы получить реальную геометрию опорной границы, необходимо либо использовать данные глубокого и структурного бурения, либо привлекать глубинные трансформации PSDM с многоэтапным подбором структурно-геологической модели для получения удовлетворительной корреляции опорного горизонта. Но как показывает опыт работы в сложных условиях, глубинная трансформация разрезов или кубов 3D не всегда приводит к желаемому результату.

В качестве примера успешного применения «палеообработки» приведем некоторые результаты работ в Саратовской области на Таволожском лицензионном участке, обработанном по технологии сейсморазведки 3D с применением вибраторов NOMAD-65,

кратностью 132 и размером бина 25x25 м.

В результате обработки были получены временной, палеовременной мигрированные кубы данных, глубинный куб PSDM, а также выполнен многоатрибутный анализ волнового поля по материалам палеовременного куба.

Основные особенности волнового поля видны на рис. 1 и 2, показывающих влияние сложного строения верхней части разреза на отражения от границ осадочной толщи по всему интервалу вплоть до поверхности фундамента.

На временном разрезе опорная граница  $nC_{ks}$  — подошва каширских отложений — прослежена только в правой части сечения временного куба. Сквозная интерпретация волнового поля возможна только в этой части профиля, составляющей примерно половину его длины.

На палеовременном разрезе (рис. 2) восстановлена непрерывная корреляция горизонтов и карбона и девона, а также поверхность протерозойских отложений. На нем убедительно отображается главная особенность геологического строения района работ — наличие двух структурных этажей, разделяющихся по региональной поверхности размыва осадочной толщи «терригенного девона» — по горизонту  $nD_{3k}$ , подошве отложений «карбонатного девона». В верхний структурный этаж входят осадочные породы карбона и верхнего девона, в нижний — отложения среднего и нижнего девона, подверженные активному тектогенезу.

С практической точки зрения важно отметить, что существующую в центре

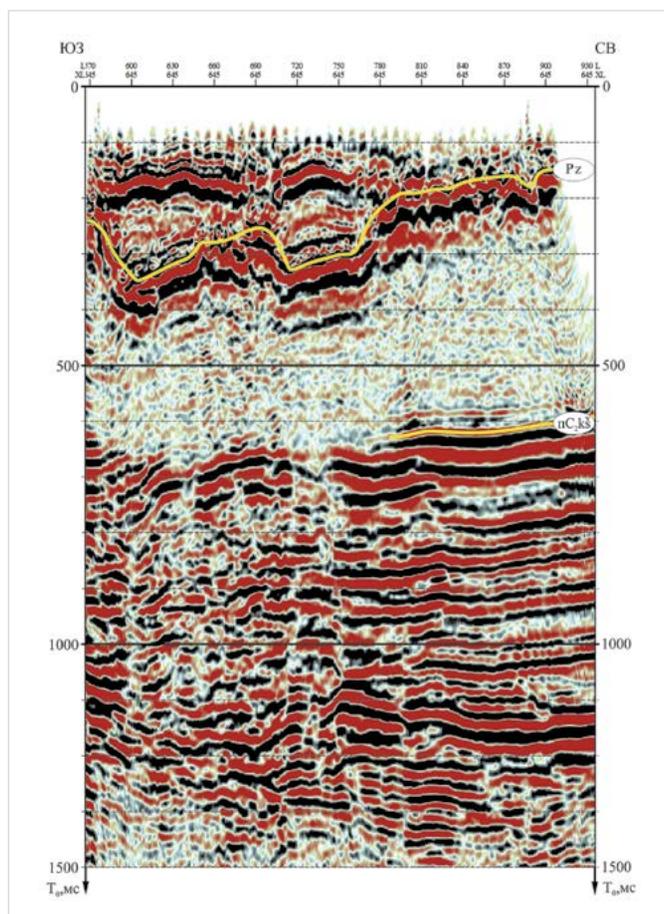


Рис. 1 — Crossline временного куба 3D

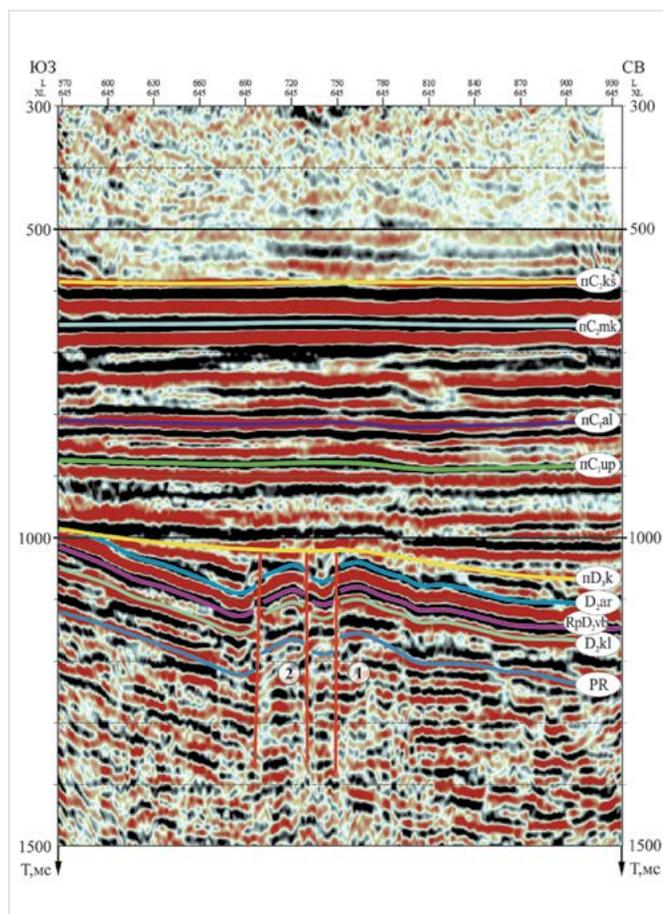


Рис. 2 — Crossline палеовременного куба 3D. Достигнута непрерывная корреляция отражающих границ карбона, девона и поверхности протерозоя

профиля двухвершинную структуру невозможно было закартировать по данным стандартной сейсморазведки. Ранее по данным сейсморазведки 2D с помощью палеовременной трансформации была закартирована вершина 1.

Поисковым бурением на ней было открыто Декабрьское месторождение нефти в среднем девоне.

По материалам сейсморазведки 3D плановое положение вершины 1 полностью подтвердилось и заметно улучшилось сейсмическое изображение вершины 2, на котором также возможна постановка поискового бурения с вероятным приростом ресурсов УВ.

Приведенные примеры убедительно демонстрируют утверждение о высокой геологической эффективности данного методического приема, при котором достигается практически непрерывная корреляция всех целевых границ. Это дает возможность строить достоверные геологические модели в виде палеовременных карт на время опорного горизонта с выделением на них точного планового положения искоемых объектов, апикальных частей вершин структур, тектонических нарушений, которые в данных геологических условиях играют определяющую роль структурообразующего элемента.

При достигнутой непрерывной корреляции отражений на палеовременных разрезах удобно проводить структурно-тектонический анализ на основе серии палеовременных карт по каждому из опорных или целевых границ разреза.

Наибольший эффект использования технологии палеообработки отмечается при переходе от полевой методики 2D к 3D. Пересъемка старых площадей по технологии 3D

привела к заметному уточнению геологических моделей ранее открытых месторождений. В их числе Ново-Кочетковское, Зимнее, Осеннее, Весеннее в Волгоградской области, Луговое, Рубежинское, Декабрьское, Смеловское и Западно-Гурьяновское в Саратовской области.

На палеовременном разрезе куба 3D через Рубежинское месторождение, открытое на Таволожском ЛУ, видно криволинейное очертание тектонического нарушения, через которое прошла скважина — первооткрывательница нефтяных залежей в среднем девоне, вскрывшая дважды поверхность протерозойских отложений.

По материалам палеовременных кубов с высоким соотношением сигнал-помеха уверенно проведен атрибутный анализ и прогноз фильтрационно-емкостных свойств коллекторов при наличии на площади параметрической информации по данным 4-х глубоких скважин. Карты пористости и эффективных толщин целевых горизонтов среднего девона характеризуются дифференциацией значений данных параметров, позволяющей корректировать положение точек бурения.

#### Итого

Применением «палеообработки» в сейсморазведке МОГТ-3D удалось добиться непрерывной устойчивой и неискаженной корреляции горизонтов карбона, девона и поверхности протерозойских отложений.

Технология «палеообработки» резко повысила эффективность сейсморазведки 2D и 3D. Коэффициент подтверждаемости поисковых объектов достиг 1.0 по структурному фактору и 0.9 — по наличию УВ.

В результате выполненных сейсморазведочных работ по технологии МОГТ-3D на Таволожском лицензионном участке площадью более 250 км<sup>2</sup> и примененного способа «палеообработки» построены палеовременные и палеоструктурные карты по всем целевым горизонтам карбона и девона, начиная от реперной поверхности — подошвы отложений каширского горизонта — вплоть до поверхности протерозоя.

#### Выводы

Благодаря непрерывной устойчивой корреляции отражающих горизонтов по всей площади работ, полученные карты с высокой степенью точности и достоверности содержат информацию не только об основных чертах геологического строения территории, но и о ее характерных особенностях. Отчетливо отображаются микроформы палеорельефа кровли протерозоя и облегающие их наложения нижнего и среднего девона. На палеорезежах уверенно отображается конфигурация тектонических сбросов, изменение их амплитуды по простиранию.

На основании результатов интерпретации палеовременного куба 3D уточнено строение ранее выявленных месторождений и перспективных объектов и даны рекомендации по заложению поисковых и разведочных скважин.

#### Список литературы

1. Патент на изобретение №2221262.

Способ сейсмической разведки для изучения осадочного чехла при наличии сильно изрезанных акустически жестких границ. Заявл. 14.03.2003.

Опубл. 10.01.2004.

## Efficiency of “paleoprocessing” of seismic data 3D of Tavolozhsky licence area of Saratov region

UDC 553.98:553.048:550.831

#### Author:

Georgy N. Andreev — Ph.D., deputy general director, chief geologist; [zpg.pole2015@yandex.ru](mailto:zpg.pole2015@yandex.ru)

LLC “ZPG Field”, Volgograd, Russian Federation

#### Abstract

The paper presents results of effective using of seismic technology, named by authors “paleoprocessing”, in complex seismogeological conditions of Saratov region. The territory is characterised by very complicated surface of carbonate Paleozoic, which has negative effect to reflection travelttime curves, distorting reflected waves from the borders of sedimentary section.

#### Materials and methods

Seismic data 3D.

#### Results

Use of “paleoprocessing” made possible continuous stable not distorted correlation of Carboniferous and Devonian seismic horizons.

The implementation of this technique sharply increases geological efficiency of seismic survey 2D and 3D. 9 of 10 structures are confirmed by prospect wells.

As a result of 3D seismic survey within Tavolozhsky licence area of more than 250 square kilometers and used technology of «paleoprocessing» paleotime and paleostructure maps were constructed for all target horizons, starting from marker surface – bottom of Kashir horizon – up to Proterozoic surface.

#### Conclusions

Due to continuous stable correlation of reflectors along the whole work area resulting maps carry information with high accuracy and reliability not only about features of

geological structure but about its specific peculiarities. Microforms of Proterozoic paleorelief and overburden Low and Middle Devonian sedimentary members are sharply defined. Within paleosections configuration of tectonic faults and their amplitude changing at the strike are mapped with reliability.

On the basis of interpretation results of paleotime 3D cube the geological model of early discovered oil fields and prospective objects have been adjusted. Recommendation were done to lay out new prospect wells.

#### Keywords

seismic survey, technique of “paleoprocessing”, geological efficiency

#### References

1. Invention patent № 2221262. *Sposob seysmicheskoy razvedki dlya izucheniya*

*osadochnogo chekhla pri nalichii sil'no izrezannykh akusticheskikh zhestkikh granits* [Technique of seismic survey for study of

sedimentary cover in presence of rough hard boundaries]. Declared 14.03.2003. Published 10.01.2004