

DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10002

УДК 550.834.048.05

ИЗУЧЕНИЕ ПОРИСТОСТИ МАЙКОПСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛОЩАДИ НАФТАЛАН АЗЕРБАЙДЖАНА КОМПЛЕКСИРОВАНИЕМ СКВАЖИННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ДАННЫХ АТРИБУТНОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Ахмедов Т.Р. *, Агаева М.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан

*E-mail: akhmedov.tofik@bk.ru

Аннотация. Статья посвящена комплексированию данных ГИС (геофизические исследования скважин) и данных атрибутного анализа сейсмического волнового поля с целью изучения пористости в межскважинном пространстве майкопских отложений месторождения Нафталан. Отмечается, что Нафталан изучается с 19-го столетия, сначала тяжелая фракция нефти извлекалась для лечебных целей, это продолжается и в настоящее время, затем более легкая фракция добывалась для коммерческих целей. Эксплуатация этого месторождения в последнее время застопорилась и появилась потребность в выявлении новых объектов для поддержания добычи, благо все инфраструктуры здесь существуют.

Дается краткое описание географического, административного положения месторождения, литологии и стратиграфии отложений, слагающих разрез. Несмотря на долгую эксплуатацию месторождения Нафталан, петрофизические свойства, в частности распределение пористости по площади, майкопских отложений, характеризующихся сложными коллекторными характеристиками, до сих пор остаются не достаточно изученными, так как при бурении глубоких скважин отбор кернового материала практически не осуществлялся. В статье рассматриваются результаты комплексирования данных атрибутного анализа сейсмического волнового поля и ГИС скважин Нафталана, а также результатов кернового анализа, отобранных соседних площадей, изучить распределение пористости целевого интервала. При атрибутном анализе использовались результаты ГИС (геофизических исследований скважин) 22 скважин и данные сейсмической разведки 3D и кернового материала. Отмечается, что петрофизические исследования проводились, по данным сейсморазведки 3D внутри майкопских отложений (в пределах интервала, между сейсмическими горизонтами, коррелируемыми приблизительно вблизи кровли и подошвы горизонта Майкоп I) с использованием данных электрического каротажа глубоких скважин (кривых КС и ПС), пробуренных на площади Нафталан. По результатам проведенных исследований построены куб пористости и соответствующая карта, характеризующая среднюю пористость. При построении эффективной модели площади исследования использованы стохастические алгоритмы и программы из пакета «Петрел». Одновременно использована информация, полученная из керновых образцов соседних площадей Делмамедли и Дуздак, как априорная геолого-геофизическая информация.

Ключевые слова: атрибутный анализ, ГИС (геофизические исследования скважин), отложения майкопа, петрофизические свойства, пористость, керновый материал, трехмерные модели.

Введение. Последние десятилетия атрибутный анализ сейсмического волнового поля успешно применяется при решении многих геологических задач [5, 9].

Если раньше при решении геологических задач довольствовались кинематическими и динамическими параметрами сейсмических волн, то теперь сейсмические исследования применяются при решении таких тонких задач, что вышеперечисленные параметры



Содержимое этой работы может использоваться в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0. Любое дальнейшее распространение этой работы должно содержать указание на автора (ов) и название работы, цитирование в журнале и DOI.

не позволяют решить поставленные задачи, т.к. решение подобных задач находится за пределами возможностей данных параметров. Известно, что эффективность сейсморазведки ограничивается разрешающей способностью метода, определяющимся минимальным расстоянием между двумя элементами, которые должны быть опознаны. Разрешающая способность сейсморазведки колеблется обычно в пределах

от 8 до 60 м. Чувствительность сейсморазведки (к присутствию пласта или к изменениям в наблюдениях между съемками, например при сейсморазведке 4D) соответствует толщинам пластов до одной тридцатой длины волны (если контраст акустических жесткостей достаточно велик). Возможность обнаружения пластов, толщина которых изменяется в пределах от 2 до 10 м, чревато сложностями [10, 12, 14].



Рис. 1. Обзорная схема площади исследований

В геологическом строении площади исследований участвуют карбонатные и вулканогенные породы Верхнего Мела, глины, мергели и песчаники Палеоцена, глины Нижнего Эоцена с прослойками песчаников, туфогенных песчаников, гравелитов, слабо карбонатных мергелей и аргиллитов, серия мергелей и мергелистые глины Среднего Эоцена с прослойками слабо карбонатных глин, чередование слоев тонкозернистых песков [4, 8]. Отложения Среднего Эоцена характеризуются высоким кажущимся удельным сопротивлением (КС). В отличие от них Верхний Эоцен характеризуется относительно низким КС (рис. 2). Отложения Оligоцен-Нижнего Миоцена (Майкопа) состоят в основном из чередования глин, глинистых песков, песчаников и

частично мергелей (рис. 3). На дальних крыльевых участках и переклинальных структурах Нафталан в верхах Майкопских отложений выделяются горизонты I, А, В, С, D и E; лечебная нефть добывается из горизонтов I и II Майкопской свиты. Отложения Среднего Миоцена на площади размыты, Верхний Миоцен (Сармат) состоит из слоев глин, песков и частично мергелей и известняков. В разрезе Верхнего Плиоцена (Акчакыл) присутствуют глины, прослойки песков, песчаники и конгломераты. Четвертичные отложения состоят из глин, глинистых песков и остро обломочных отложений.

Структура Нафталан по отложениям Майкопской свиты является тектонически брахиантиклиналью субмеридионального направления с крутым (40...45°) западным, относительно слабо наклоненным (15...25°) восточным крыльями [4, 8]. В сейсмических материалах картированы три поднятия в отложениях Акчакыл, трангрессивно пере-

крывающих Майкопскую свиту – самое большое, но со слабо наклоненными крыльями поднятие Каракуюнлы, Нафталан (промысел) и Борсунлу с крутыми крыльями (рис. 4). Нефтегазоносность площади исследований связана с отложениями Майкопа, Эоцена и Верхнего Мела.

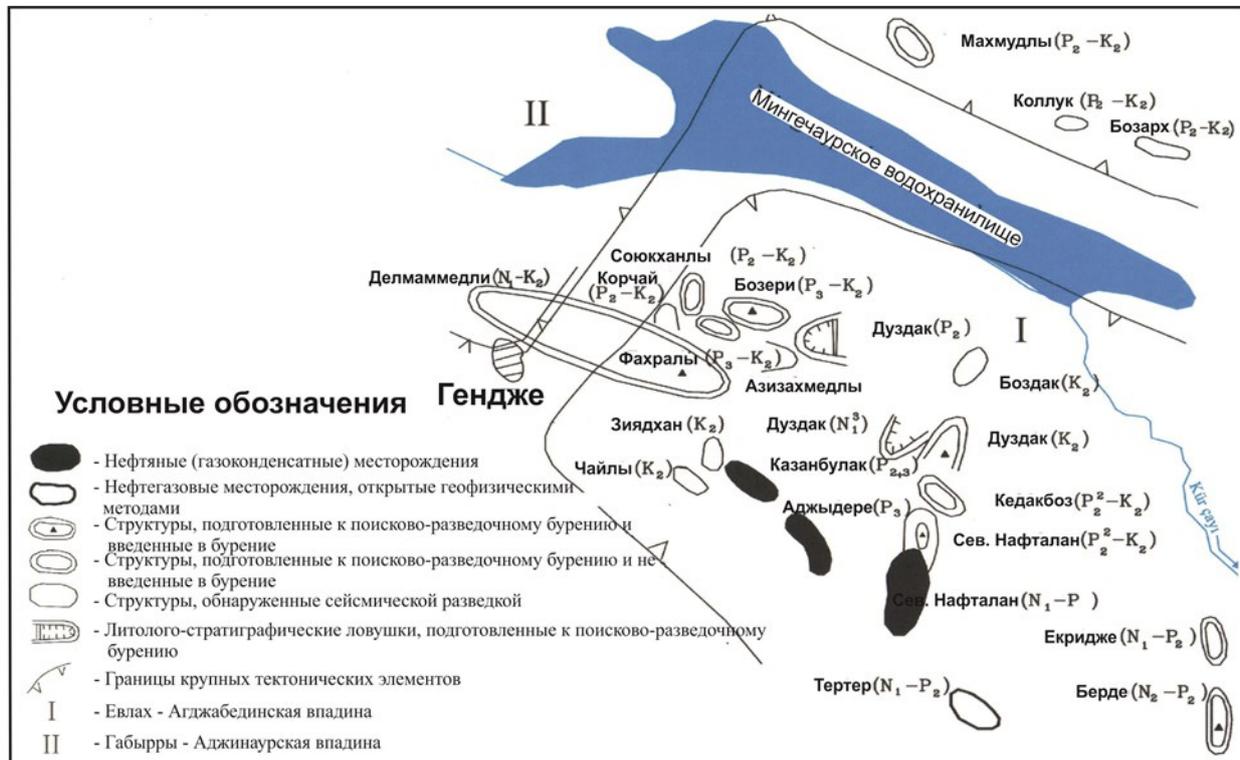


Рис. 4. Схема расположения локальных структур

Основная часть. Геологическое строение Нафталан неоднократно изучалось структурным картированием, разведочным и глубокими бурениями. Выходы нефти здесь известны с древних времен. Ещё в XIII веке известный итальянский путешественник Марко Поло отмечал, что выходящее на поверхность здесь масло под названием «нафта» успешно применяется при кожных заболеваниях. На месторождении Нафталан с 1873 года пробурено 140 скважин разного назначения, из них 94 являются глубокими, а 46 неглубокими.

Несмотря на это петрофизические свойства, в частности распределение пористости по площади, майкопских отложений, характеризующихся сложными коллекторными особенностями, до сих пор остаются не достаточно изученными, так как при бурении глубоких скважин отбор кернового материала практически не осуществлялся [7, 8]. Поэтому было решено провести сейсмические

исследования 3D и комплексированием данных атрибутного анализа сейсмического волнового поля и ГИС скважин Нафталан, а также результатов кернового анализа, отобранных соседних площадей изучить распределение пористости целевого интервала. При атрибутном анализе использовались результаты ГИС (геофизических исследований скважин) 22 скважин и данные сейсмической разведки 3D и кернового материала. Целью настоящих исследований является подбор сейсмических атрибутов необходимых для решения поставленных геологических задач.

Методы. Успех атрибутного анализа связан с тем, что при распространении сейсмических волн в геологической среде происходит влияние тех или иных особенностей среды на волновое поле на уровне синтаксиса или его морфологии, т.е. физико-геологические свойства среды сказываются на особенностях сейсмической записи так

слабо, что необходимо найти иные способы обнаружения их. Сейсмические атрибуты позволяют выявлять и ввести в интерпретацию те свойства и особенности волнового поля, которые невозможно обнаружить визуально на первичных материалах. В настоящее время количество атрибутов, предлагаемых различными фирмами и исследователями, исчисляются десятками. Петрофизические исследования

проводились, по данным сейсморазведки 3D внутри Майкопских отложений (в пределах интервала, между сейсмическими горизонтами, коррелируемыми приблизительно вблизи кровли и подошвы горизонта Майкоп I) с использованием данных электрического каротажа глубоких скважин (кривых КС и ПС), пробуренных на площади Нафталан (рис. 5).

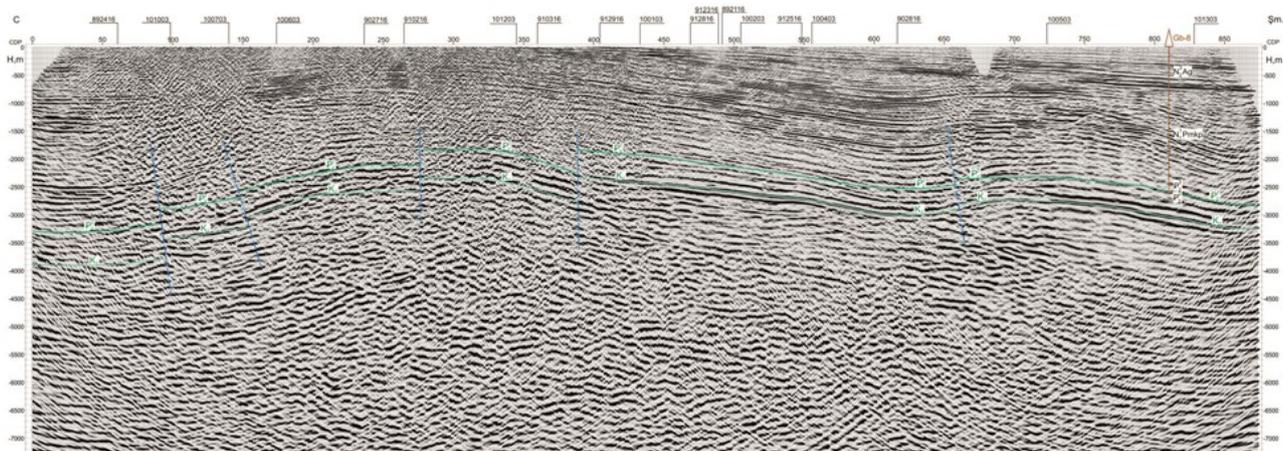


Рис. 5. Временной разрез, пересекающий площадь исследований с юга на север

На временном разрезе, пересекающем площадь исследований с юга на север четко выделяются три фазы тектогенеза и соответственно можно выделять три квазисинхронные сеймостратиграфические комплексы (КССК): нижний, охватывающий мезозойские отложения, средний палеоген-неогеновые и верхний акчакылские отложения.

Керновые материалы со скважин на площади исследования не отбирались, поэтому к исследованиям были привлечены керновые данные скважин соседних площадей – Делмамедли (скв. №13, 14, 15, 16, 22, 24) и Дуздак (№ 1М) для установления регрессионных зависимостей (рис. 6).

Расчет и анализ петрофизических параметров, привязка сейсмических горизонтов к скважинным данным, построение трехмерных моделей и петрофизических карт выполнены при помощи пакета программ «Петрел» [2, 3, 11]. Естественно качество сейсмических данных в интервале исследования, малое количество скважин, скудность керновых данных, притом использование керновых данных соседних площадей повлияли на результаты исследований и поэтому их надо принимать как прогнозные

[11...13]. Исследования проводились в следующей последовательности:

1. Для трансформации кривых ГП в кривые пористости. Эти кривые нормированы нижеследующей формулой:

$$\text{АГП} = (\text{ГП}_{\text{max}} - \text{ГП}) / (\text{ГП}_{\text{max}} - \text{ГП}_{\text{min}})$$

и на основе кроссплота, связывающего кривых АГП и керновые данные определена следующая регрессионная зависимость [6, 14, 15]:

$$K_{\text{max}} = 0,359 \cdot \text{АГП}^{0,773},$$

с применением которой вычислена пористость.

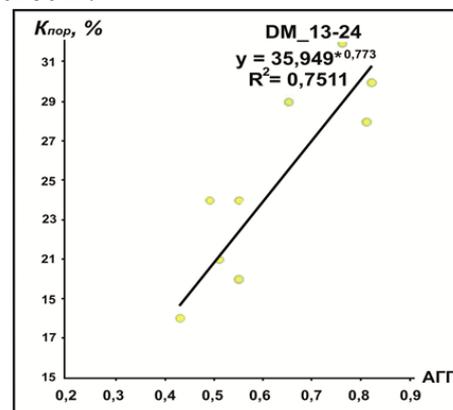


Рис. 6. Установление регрессионной зависимости между коэффициентами пористости, определенными по кернам, снятым со скважин площади Делмамедли, соседней с площадью Нафталан

2. По кривым АГП вычислены глинисто-песчаность отложений и при этом на кривой АГП интервал, с числовыми значениями выше 0,5 принят как коллектор, а ниже 0,5 не коллектор;

3. Вычислены и построены кривые нефтенасыщенности по кривым КС электрического каротажа для целевого интервала разреза. При вычислениях использована следующая формула:

$$K_{nn} = 0,454 \cdot \rho_{КС}^{0,132},$$

здесь K_{nn} – коэффициент нефтенасыщения, $\rho_{КС}$ – измеренные значения КС по данным электрического каротажа.

Результаты. По результатам проведенных исследований построены куб пористости и соответствующая карта, характеризующая среднюю пористость, которые приведены на рис. 7. При построении эффективной модели площади

исследования использованы стохастические алгоритмы и программы из пакета «Петрел» [2, 3, 5, 7]. Одновременно использована информация, полученная из керновых образцов соседних площадей Делмамедли и Дуздак, как априорная геолого-геофизическая информация.

Значения пористости, вычисленные по первому горизонту Майкопа (горизонт I), варьируют от 7 до 27 % и относительно большие значения ее наблюдаются в северной части (возле скважин Nf-2, 3, 4, 44), а маленькие же значения в центральной части (район скважин Nf-56, 53, 80, 89). Определенные коллекторные и не коллекторные свойства для горизонта I Майкопа по кривым АГП показывают, что коллекторные свойства интервала исследований увеличиваются к севера востоку площади.

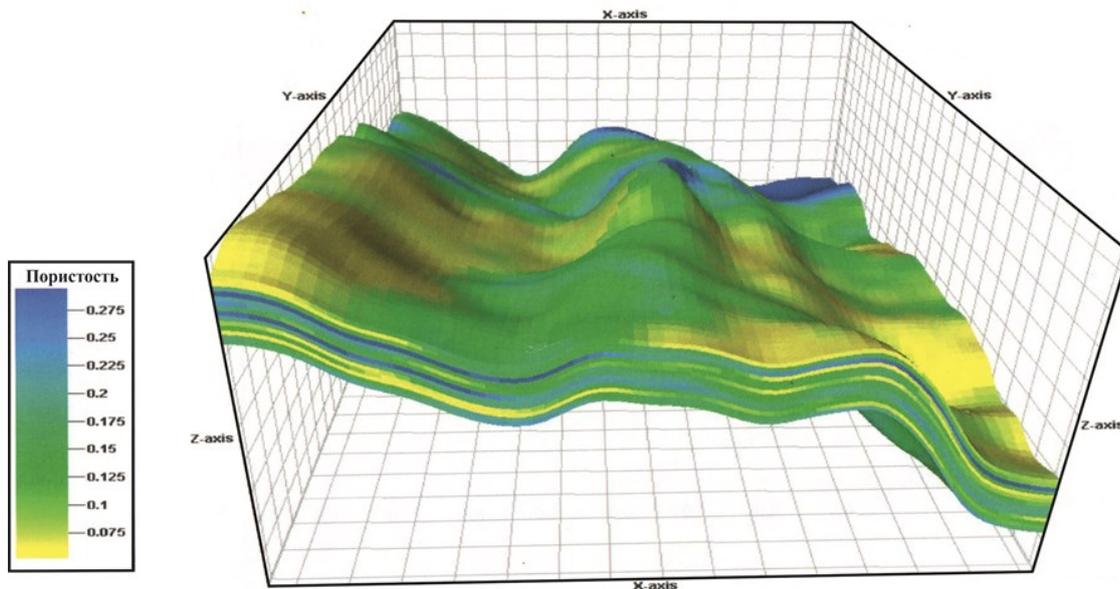


Рис. 7. Куб пористости

На площади Нафталан, как и в нескольких площадях Генджинского нефтегазоносного региона, отложения Майкопской свиты обладают нефтегазоносностью промышленного значения (коммерческой нефтегазоносностью). Проведенные расчеты для отложений горизонта I Майкопа показывают, что их песчаность 29 %, а глинистость 71 % и коэффициент корреляции между коллекторными свойствами и средними значениями, характеризующими коэффициент пористости, равен 0,61. Насыщенные нефтью алевритовые и песчаные пласты этой стратиграфической единицы обладают слабыми коллекторными свойствами. Маленькие значения пористости и проницаемости этих

пластов связаны с высокими процентными значениями глинистой фракции (< 0,01 мм). Майкопская свита состоит в основном из чередования глин, песчаных глин, песчаников и частично мергелей: в верхней части ее чередуются глины, мергелы, тонкозернистые песчаники и алевриты, а песчаные породы занимают второе место за глинами. Анализ значений (3...4 Ом) кажущегося удельного сопротивления (КС), полученных при электрическом каротаже скважин показывает, что отложения этой свиты характеризуются низкими значениями КС, что вероятнее всего, связано с глинистостью пластов.

Заключение. Коллекторские свойства исследуемого интервала Майкопских отложений, в целом, низки и изменчивы как по площади, так и по разрезу. Эти условия сказываются на неравномерности распределения насыщенности нефтью и нефтеотдачи пластов.

Некоторые несоответствия между полученными результатами настоящих исследований и скважинными данными можно объяснить влиянием ряда помех на исследуемые параметры. Сюда можно отнести отсутствие керновых данных на площади Нафталан и не удовлетворительную привязку коэффициентов, рассчитанных по соседним площадям, к площади исследования, а также допущенных погрешностей из-за объективных и субъективных причин при измерении геофизических параметров в разные годы.

Литература

1. Ампилов Ю.П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений нефти и газа. М.: Спектр, 2008. 384 с.
2. Ахмедов Т.Р. О геологической эффективности сейсморазведки при изучении не антиклинальных ловушек Азербайджана разного типа // Известия Уральского государственного горного университета. 2016. Вып. 3 (43). С. 41-45.
3. Ахмедов Т.Р. Динамический анализ данных сейсморазведки 3D площади Говсан с целью выделения перспективных участков на нефть и газ // Геоинформатика 2017. №4. С. 13-19.
4. Ализаде А.А., Ахмедов Г.А., Ахмедов А.М. и др. Геология нефтяных и газовых месторождений Азербайджана. М.: Недра, 1966. 313 с.
5. Кириллов А.С., Закревский К.Е. Практикум по сейсмической интерпретации в PETREL. М.: Издательство МАИ-ПРИНТ, 2014. 288 с.
6. Куприяненко Н.В., Пономарева О.А., Тихонов Д.В. Статистика. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2009. 138 с.
7. Логинов Д.В., Лаврик С.А., Некоторые методы определения информативного набора сейсмических атрибутов для прогнозирования свойств коллекторов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. №5. С. 8-14.
8. Рахманов Р.Р. Закономерности формирования и размещения залежей нефти и газа в мезокайнозойских отложениях Евлах-Агджабединского прогиба. Баку: Полиграфический центр «Текнур», 2007. 77 с.
9. Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов. Ralph Daber, Ephrem M. Ditcha, Lars Erik Gustafsson, Espen Knudsen, Randolph Pepper Gaston Bejarano. Copyright. 2007. Schlumberger. All rights reserved. GeoFrame and Petrel are trademarks of Schlumberger.
10. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Обработка и интерпретация данных: Под редакцией д-ра физ.-мат. наук, проф. А.В. Калинина. М.: Мир, 1987. 400 с.
11. Balz O., Pivot F., Veecken P. Reservoir characterization using neural networks controlled by petrophysical and seismic modeling. Extended Abstracts, 61th EAGE annual meeting. S015. 1999. Pp. 1-4.
12. Marroquin I.D., Brault J., Hart B.S. A visual data-mining methodology for seismic-facies analysis: Part 1 – Testing and comparison with other unsupervised clustering methods. Geophysics. 2009. Vol. 74. №. 1. Pp. 1-11.
13. Neff D.B., Runnestrand S.A., Butler E.L. Multi-attribute seismic waveform classification. USA, Phillips Petroleum Company, USA Patent 6223126, 2001.
14. Lobusev A.V., Lobusev M.A., Nazarova L.N., Modelirovaniye razvedki i razrabotki virtual'nogo neftegazovogo mestorozhdeniya (Modeling the exploration and development of a virtual oil and gas field), Moscow: Nedra Publ., 2008. 125 p.
15. Dubrule O., Geostatistics for seismic data integration in Earth models, Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysicist, 2003. 283 p.

Контактные данные:

Ахмедов Тофик Рашид оглы, эл. почта: akhmedov.tofik@bk.ru
Агаева Мелейке Агали кызы, эл. почта: m.a.agayeva@mail.ru

STUDY OF MAYKOP DEPOSITS POROSITY ACROSS NAFTALAN FIELD OF AZERBAIJAN BY INTEGRATION OF WELL LOG DATA AND DATA OF ATTRIBUTE ANALYSIS OF SEISMIC WAVE FIELD

T.R. Ahmedov*, M.A. Agayeva

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

** E-mail: akhmedov.tofik@bk.ru*

Abstract. The paper is devoted to integrated study of well log data and data of attribute analysis of seismic wave field in aim to study porosity in interwell space of Maykop deposits in Naftalan field. It has been noted that the Naftalan field is under the study since 19th century starting with heavy fraction extraction for medical care purposes and the process continues to date. Later the lighter fraction was produced for commercial purposes. Production from the field ceased for the last years leading to a need to identify new targets for keeping up production as all the required infrastructure is present here.

The paper gives brief description of geographic and administrative location of the field, lithology and stratigraphy of deposits composing the section. Despite the long-term production from Naftalan field, the petrophysical properties and, in particular, distribution of porosity across Maykop are not sufficiently studied as while drilling of deep wells the core sample extraction was not carried out. The paper considers integration of data of attribute analysis of seismic wave field with well log data acquired across Naftalan field, as well as the results of core analysis for neighboring areas to study porosity of the target interval. Attribute analysis have used well log data from 22 wells, 3D seismic survey data and core data.

It has been noted that petrophysical studies have been done applying 3D seismic survey for Maykop (within interval between seismic horizons correlated approximately near the top and the foot of Maykop I horizon) with use of electric log data (EL and SP curves) for deep wells drilled in Naftalan field.

Study results made it possible to design porosity cube and the map for average porosity. For designing of efficient model of the study area the stochastic algorithms and software from "Petrel" software package have been applied. At the same time the data of core samples acquired from neighboring Delimammedli and Duzdak areas have been used as priori geological and geophysical data.

Keywords: attribute analysis, well log, Maykop, petrophysical properties, porosity, core data, 3D models.

References

1. Ampilov, Yu.P. Ot sejsmicheskoy interpretatsii k modelirovaniya i ochenke mestorozhdenij nefiti i gaza [From seismic interpretation to modeling and evaluation of oil and gas fields]. M.: Spektr, 2008. 384 p. (rus).
2. Ahmedov, T.R. O geologicheskoy effektivnosti sejsmorazvedki pri izuchenii ne antiklinal'nyh lovushek Azerbajdzhana raznogo tipa [On the geological effectiveness of seismic exploration in the study of non-anticlinal traps of Azerbaijan of various types]. Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. 2016. Vol. 3 (43). Pp. 41-45. (rus).
3. Ahmedov, T.R. Dinamicheskij analiz dannyh sejsmorazvedki 3D ploshchadi Govsan s cel'yu vydeleniya perspektivnyh uchastkov na nefit' i gaz [Dynamic analysis of 3D seismic data from the Govsan area in order to identify promising areas for oil and gas]. Geoinformatika 2017. №4. Pp. 13-19. (rus).
4. Alizade, A.A., Ahmedov, G.A., Ahmedov, A.M. i dr. Geologiya neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij Azerbajdzhana [Geology of oil and gas fields of Azerbaijan]. M.: Nedra, 1966. 313 p. (rus).
5. Kirillov, A.S., Zakrevskij, K.E. Praktikum po sejsmicheskoy interpretatsii v PETREL [Seismic Interpretation Workshop at PETREL]. M.: Izdatel'stvo MAI-PRINT, 2014. 288 p. (rus).
6. Kupriyanenko, N.V., Ponomareva, O.A., Tihonov, D.V. Statistika. Metody analiza raspredelenij. Vyborochnoe nablyudenie. 3-e izd. uchebnoe posobie [Statistics. Distribution analysis methods. Selective observation. 3rd ed.

tutorial]. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta. 2009. 138 p. (rus).

7. Loginov, D.V., Lavrik, S.A., Nekotorye metody opredeleniya informativnogo nabora seismicheskikh atributov dlya prognozirovaniya svoystv kollektorov [Some methods for determining an informative set of seismic attributes for predicting reservoir properties]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2010. №5. Pp. 8-14. (rus).

8. Rahmanov, R.R. Zakonomernosti formirovaniya i razmeshcheniya zalezhey nefi i gaza v mezokajnozojskikh otlozheniyah Evlakh-Agdzhabedinskogo progiba [Patterns of formation and distribution of oil and gas deposits in the Mesozoic Cenozoic deposits of the Yevlakh-Agjabadi trough]. Baku: Poligraficheskij centr «Teknur», 2007. 77 p. (rus).

9. Rukovodstvo po interpretacii seismicheskikh atributov. Ralph Daber, Ephrem M. Ditcha, Lars Erik Gustafsson, Espen Knudsen, Randolph Pepper Gaston Bejarano. Copyright. 2007. Schlumberger. All rights reserved. GeoFrame and Petrel are trademarks of Schlumberger.

10. Sheriff, R., Geldart, L. Sejsmorazvedka. Obrabotka i interpretaciya dannyh: Pod redakciej d-ra fiz.-mat. nauk, prof. A.V. Kalinina [Seismic exploration. Data

Processing and Interpretation: Edited by Dr. Phys.-Math. sciences, prof. A.V. Kalinin]. M.: Mir, 1987. 400 p. (rus).

11. Balz, O., Pivot, F., Veeken, P. Reservoir characterization using neural networks controlled by petrophysical and seismic modeling. Extended Abstracts, 61th EAGE annual meeting, S015. 1999. Pp. 1-4.

12. Marroquin, I.D., Brault, J., Hart B.S. A visual data-mining methodology for seismic-facies analysis: Part 1 – Testing and comparison with other unsupervised clustering methods. Geophysics. 2009. 4(1). Pp. 1-11.

13. Neff, D.B., Runnestrand, S.A., Butler E.L. Multi-attribute seismic waveform classification. USA, Phillips Petroleum Company, USA Patent 6223126, 2001.

14. Lobusev, A.V., Lobusev, M.A., Nazarova, L.N. Modelirovaniye razvedki i razrabotki virtual'nogo neftegazovogo mestorozhdeniya (Modeling the exploration and development of a virtual oil and gas field), Moscow: Nedra Publ., 2008. 125 p.

15. Dubrule, O. Geostatistics for seismic data integration in Earth models, Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysicist, 2003. 283 p.

Contacts:

Tofiq R. Ahmedov, akhmedov.tofik@bk.ru

Meleyke A. Agayeva, m.a.agayeva@mail.ru

© Ahmedov, T.R., Agayeva, M.A., 2020

Ахмедов Т.Р., Агаева М.А. Изучение пористости майкопских отложений площади Нафталан Азербайджана комплексированием скважинных геофизических данных и данных атрибутного анализа сейсмического волнового поля // Вектор ГеоНаук. 2020. Т.3. №1. С. 15-23. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10002.

Ahmedov, T.R., Agayeva, M.A., 2020. Study of maykop deposits porosity across Naftalan field of Azerbaijan by integration of well log data and data of attribute analysis of seismic wave field. Vector of Geosciences. 3(1). Pp. 15-23. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10002.
