

Научная статья

Original article

УДК 504



**ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СКВАЖИННОГО
КАРОТАЖА В КАРБОНАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**PECULIARITIES OF INTERPRETATION OF BOREHOLE LOGGING DATA IN
CARBONATE DEPOSITS**

Балабуха Алексей Владимирович – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: balabukha.av@dvfu.ru

Глушан Павел Владимирович – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: glushan.pv@dvfu.ru

Гулая Юлия Васильевна – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: gulaia.uv@dvfu.ru

Научный руководитель: Гульков Александр Нефёдович – профессор, д.т.н., Дальневосточный федеральный университет email: gulkov.an@dvfu.ru

Balabukha Alexey Vladimirovich – postgraduate student, Far Eastern Federal University email: balabukha.av@dvfu.ru

Pavel Vladimirovich Glushan – Postgraduate student, Far Eastern Federal University email: glushan.pv@dvfu.ru

Gulaya Yulia Vasilyevna – postgraduate student, Far Eastern Federal University, email: gulaia.uv@dvfu.ru

Scientific supervisor: Gulkov Alexander Nefedovich – Professor, Doctor of Technical Sciences, Far Eastern Federal University email: gulkov.an@dvfu.ru

Аннотация. Месторождения нефти и газа, сложенные карбонатными породами, являются важным источником углеводородов для современной мировой экономики. По этой причине петрофизические карбонатных коллекторов привлекают все более пристальное внимание ученых. Наиболее важными петрофизическими свойствами карбонатных коллекторов являются пористость, проницаемость и водонасыщенность. В представленной работе рассматриваются вопросы связанные с определением литологии карбонатного месторождения, заполнением пустот данных с использованием современных алгоритмов анализа данных, а также дается оценка перспективности их применения в других областях для анализа свойств карбонатных коллекторов.

Annotation. Oil and gas deposits composed of carbonate rocks are an important source of hydrocarbons for the modern world economy. For this reason, petrophysical carbonate reservoirs are attracting increasing attention from scientists. The most important petrophysical properties of carbonate reservoirs are porosity, permeability and water saturation. The presented paper discusses issues related to the determination of the lithology of a carbonate deposit, filling data voids using modern data analysis algorithms, and also assesses the prospects of their application in other areas for analyzing the properties of carbonate reservoirs.

Ключевые слова: Скважинный каротаж, петрофизические свойства, карбонатные месторождения, оценка запасов.

Keywords: Downhole logging, petrophysical properties, carbonate deposits, reserves assessment.

Введение

Скважинный каротаж играет важнейшую роль для определения стратегии «завершения» скважины, то есть выбор интервалов для перфорации обсадной колонны, установки песчаных фильтров или другого внутрискважинного оборудования на забое скважины. Карбонатные породы являются достаточно прочными для того, чтобы в них производился отбор скважинного флюида в открытом стволе, однако для обеспечения более эффективного режима работы скважины и снижения уровня обводненности скважинной продукции, на практике чаще всего применяют цементирование призабойной зоны с перфорацией обсадной колонны на глубинах продуктивных интервалов.

Проницаемость пласта характеризует связность порового пространства внутри коллектора, наличие капилляров или трещин. Следовательно, в осадочных породах, которые могут выступать коллекторами для ловушек нефти и газа, присутствует корреляция между пористостью и проницаемостью. В общем случае более высокая проницаемость связана с более высокой пористостью. Однако правило не является верным для всех случаев. К такого рода исключениям следует относить сланцевые породы, в которых относительно высокая пористость может соседствовать с практически полным отсутствием проницаемости за счет малого размера зерен породы. В свою очередь известняковые осадочные породы являются примером другого типа коллектора, которые состоят из плотной породы, нарушенной небольшими трещинами. Низкая пористость таких коллекторов не обязательно означает низкую проницаемость, которая может быть существенной по причине наличия проводимости в трещинах породы. Трещиноватость является основным драйвером формирования проницаемости и пористости в карбонатных породах.

Каротаж используется для различных целей, главными из которых является определение нефтенасыщенных интервалов вдоль ствола скважины, определение

границ газовой шапки и подстилающей воды. На основании этих данных определяются интервалы перфорации обсадной колонны для предотвращения прорыва газа газовой шапки при ее наличии или прорыва воды в ствол скважины. Такие данные наиболее важны для подтверждения данных, спрогнозированных для скважин на этапе разработки месторождения. На этапе разведки используют наиболее полный комплекс исследований скважинного каротажа для определения литологии вдоль ствола скважины, определения свойств пород коллектора (пористость, проницаемость). Свойства коллектора могут быть определены различными методами, среди которых немалое значение имеют косвенные показатели, которые фиксируются во время бурения (потери бурового раствора, скорость бурения при фиксированном весе на долото и др.) [1].

Определение литологии

С точки зрения характеристик пород коллектора высокое влияние на пористость и проницаемость коллектора оказывают так называемые пластинчатые сланцы (рисунок 1). Такая структура сланцев в песчаниках обладает наименьшей пористостью и проницаемостью. Важно отметить, что доля содержания сланцев в такой структуре не будет превышать аналогичный параметр в других типах сланцевых структур, которые в тоже время обладают значительно более высокими показателями пористости и проницаемости. По этой причине определение низкоуровневой структуры распределения сланцев в породах коллектора является важной задачей для геологов. Так как такие структуры распределяются в мельчайших масштабах, которые сопоставимы по масштабам с каналами порового пространства пород, то определение типа таких структур требует детального анализа образцов керна. Такое свойство сланцевых пород ограничивает использование данных каротажа для определения фильтрационных свойств коллектора [2].

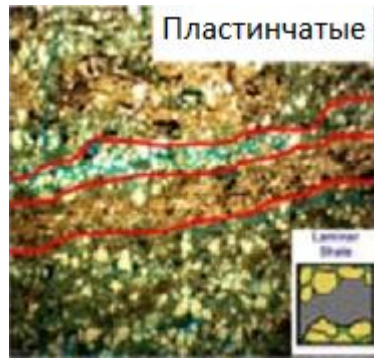


Рисунок 1 – Снимок песчаников с пластинчатыми сланцами

Неполнота данных при скважинном каротаже

Для обеспечения качественного анализа свойств пород коллектора в нефтегазовых месторождениях необходимо использовать всю имеющуюся информацию. Как уже упоминалось ранее, различные методы исследования позволяют судить о разных свойствах месторождения. Однако на практике могут возникать ситуации, когда геологи не располагают всей полнотой данных. Такие ситуации могут возникать в случаях, когда в измерения приборов при исследованиях после бурения были искажены за счет неверной калибровки прибора или других факторов, которые могут повлиять на качество данных. На сегодняшний день при обнаружении таких искажений может быть либо принято решение о проведении новых исследований в скважине, либо игнорирование полученных данных в случае, когда проведение повторного исследования не представляется возможным. Например, такая ситуация может сложиться, когда было произведено цементирование обсадной колонны на продуктивном интервале [3].

Одним из перспективных методов решения обозначенной проблемы может стать использование алгоритмов трансформации данных или создание так называемых синтетических данных, когда данные того или иного исследования могут быть сгенерированными предобученными алгоритмами машинного обучения, которые позволяют на основе имеющихся данных дополнить их

Международный журнал прикладных наук и технологий Integral

данными исследования, которое не было проведено или работа которого была нарушена в ходе исследования. Алгоритмы машинного обучения могут значительно обогатить процесс обработки и анализа данных скважинного каротажа в нефтегазовой отрасли. Мы рассмотрим основные методы обогащения данных. Машинное обучение может повысить точность интерпретации данных скважинного каротажа, автоматически выявляя и корректируя ошибки или неточности. Это особенно важно в условиях, где данные могут быть зашумлены или неполными [4]. С помощью машинного обучения возможно интегрировать данные скважинного каротажа с другими источниками данных, такими как сейсмические, геологические и производственные данные. Это позволяет создать более полное представление о месторождении. Модели машинного обучения могут прогнозировать свойства пород, такие как пористость и проницаемость, на основе существующих данных каротажа, ускоряя процесс принятия решений и повышая эффективность разработки месторождений. Алгоритмы машинного обучения могут автоматически интерпретировать данные каротажа, уменьшая зависимость от человеческого фактора и повышая скорость обработки данных. Путем анализа данных каротажа, машинное обучение может помочь в определении оптимальных точек бурения и методов добычи, тем самым увеличивая эффективность и сокращая затраты. Машинное обучение способно выявлять сложные узоры и тренды в данных, которые могут быть неочевидны для человека. Это может помочь в выявлении новых возможностей или потенциальных рисков [5].

Заключение

Рассмотрение особенностей определения литологии в месторождениях, сложенных карбонатными породами, является важной задачей, которая является вызовом перед отраслью. Более точное определение свойств карбонатных коллекторов на основе данных скважинного каротажа позволит эффективнее

Международный журнал прикладных наук и технологий Integral

планировать разработку таких месторождений и как следствие повысить долю извлекаемых запасов для современной экономики, в которой на сегодняшний день ощущается все более острая потребность в разработке месторождений нетрадиционных углеводородов.

Список литературы:

1. Дж. Хоу, Л. Чжао, В. Чжао, З. Фенг, Х. Ван и Х. Цзэн, "Оценка структуры пор карбонатных коллекторов на основе разделения петрофизических фаций", *Frontiers in Earth Science*, том 11, стр. 1164751, 2023, <http://doi.org/10.3389/feart.2023.1164751>
2. М. Мехрад, А. Рамезанзаде, М. Баджолванд и М. Р. Хайсаеди, "Оценка скорости сдвиговой волны в карбонатных коллекторах по петрофизическим каротажным данным с использованием интеллектуальных алгоритмов", *Журнал нефтяной науки и техники*, том 212, стр. 110254, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110254>
3. О. Салман, О. Ф. Хасан и С. Аль-Джавад, "Прогноз проницаемости в одном из иракских карбонатных коллекторов с использованием статистических, гидравлических единиц измерения расхода и методов ANN", *Иракский журнал химической и нефтяной инженерии*, том 23, № 4, стр. 17-24, 2022, <https://doi.org/10.31699/IJCPRE.2022.4.3>
4. О. Аль-Фатлави, М. Х. Мофаззал, С. Хикс и А. Саиди, "Разработанный подход к материальному балансу для первоначальной оценки запасов газа и конечной добычи из трудноизвлекаемых газовых коллекторов", *Международная нефтяная выставка и конференция в Абу-Даби, 2016: OnePetro*, <https://doi.org/10.2118/183015-MS>
5. Р. Рахими, М. Багери и М. Масихи, "Характеристика и оценка коллекторских свойств карбонатного коллектора на юге Ирана фрактальными методами",

Журнал технологий разведки и добычи нефти, том 8, стр. 31-41, 2018,
<https://doi.org/10.1007/s13202-017-0358-7>

Literature

1. J. Hou, L. Zhao, W. Zhao, Z. Feng, X. Wang, and X. Zeng, "Evaluation of pore-throat structures of carbonate reservoirs based on petrophysical facies division," *Frontiers in Earth Science*, vol. 11, p. 1164751, 2023, <http://doi.org/10.3389/feart.2023.1164751>
2. M. Mehrad, A. Ramezanzadeh, M. Bajolvand, and M. R. Hajsaeedi, "Estimating shear wave velocity in carbonate reservoirs from petrophysical logs using intelligent algorithms," *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 212, p. 110254, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110254>
3. O. Salman, O. F. Hasan, and S. Al-Jawad, "Permeability Prediction in One of Iraqi Carbonate Reservoir Using Statistical, Hydraulic Flow Units, and ANN Methods," *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, vol. 23 ,no. 4, pp. 17-24, 2022, <https://doi.org/10.31699/IJCPE.2022.4.3>
4. O. Al-Fatlawi, M. H. Mofazzal, S. Hicks, and A. Saeedi, "Developed material balance approach for estimating gas initially in place and ultimate recovery for tight gas reservoirs," in *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, 2016: OnePetro*, <https://doi.org/10.2118/183015-MS>
5. R. Rahimi, M. Bagheri, and M. Masihi, "Characterization and estimation of reservoir properties in a carbonate reservoir in Southern Iran by fractal methods," *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, vol. 8, pp. 31-41, 2018, <https://doi.org/10.1007/s13202-017-0358-7>

© Балабуха А.В., Глушан П.В., Гулая Ю.В. 2024 *Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №1/2024.*

Для цитирования: Балабуха А.В., Глушан П.В., Гулая Ю.В. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СКВАЖИННОГО КАРОТАЖА В КАРБОНАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №1/2024.