

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ БАЗЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ NI-TESN МЕТОДОВ ГИС ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПУТЁМ СОВОКУПНОГО АНАЛИЗА СКВАЖИННЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Е.С. Колбикова

Aspen Technology SSE, Российская Федерация

Введение

Проблема полноты извлечения нефти и повышение продуктивности скважин является одной из первоочередных задач повышения рентабельности разработки, особенно на месторождениях, приуроченных к карбонатным коллекторам со сложной структурой пустотного пространства, фильтрационные свойства которых обусловлены в основном вторичной пористостью, а именно трещиноватостью и кавернозностью. Поэтому вопрос прогнозирования трещиноватости, дифференциации литологических разностей с повышенными фильтрационно-ёмкостными свойствами и прогнозирование перспективных зон нефтегазонасыщения имеет большое практическое значение. В силу наличия совокупности ограничений классических подходов в интерпретации скважинных и сейсморазведочных данных, существует необходимость внедрения альтернативных подходов/новых методик в интегрированном анализе всей имеющейся геолого-геофизической информации для извлечения дополнительных петрофизических и геофизических производных позволяющих получить более точное представление о характеристиках залежи.

Метод и Теория

В целях формирования эффективной программы разработки и бурения месторождения необходимо дифференцировать коллектора по типу пустотного пространства и выделять наиболее перспективные в плане фильтрационных свойств фации. Однако, в связи с недостаточной разрешающей способностью стандартных методов ГИС по глубине, тонкие пористые пропластки и трещины могут быть неотличимы, и коллекторы в таком случае хоть и будут выделены, но могут быть неверно классифицированы по типу. Наиболее качественно задача такой классификации решается при наличии в комплексе скважинных имиджеров и волнового акустичес-

кого каротажа. С точки зрения продуктивности скважины с их помощью могут быть охарактеризованы такие ключевые параметры, как ориентировка горизонтальных напряжений, а также интервалы анизотропии, вторичной пористости, трещиноватости и возможного распространения трещин при гидравлическом разрыве пласта. Более того, важным моментом в определении перспективных зон является дифференциация флюидопроницаемых трещин [1], так как такими являются далеко не все зоны повышенной трещиноватости.

Анализ имиджей (*рис.1*) позволяет получить важную информацию о структурно-текстурных признаках пород, характере напластования, структурном залегании разреза, естественной и техногенной трещиноватости. Высокая детальность имиджей позволяет выполнить не только стандартные задачи оперативной интерпретации, но и провести их расширенную интерпретацию. Использование статистического подхода в целях автоматизированного выделения трещин, основанного на алгоритмах выявления границ и алгоритма бинаризации имиджа [2], даёт возможность получить дополнительные производные петрофизических параметров, такие как массив имиджа трещиноватости, индексную кривую плотности трещин [3] и счетчик трещин с накоплением.

Эффективность применения акустического каротажа при выделении и оценке трещиноватых коллекторов обусловлена значительным влиянием структурных неоднородностей пустотного пространства на процесс распространения упругих волн. На текущий момент наиболее востребованными являются три подхода выявления проницаемых интервалов (*рис.2*) на основе использования кросс-дипольных акустических данных. Анализ анизотропии скоростей поперечных волн, основанный на использовании алгоритма вращения Алфорда, с построением карты анизот-

ропных интервалов, характеризующихся повышенной трещиноватостью, а также подход, основанный на оценке индекса STPI (Stoneley Permeability Index), позволяющий количественно оценивать подвижность по увеличению интервального времени волны Стоунли относительно модели упругой непроницаемой среды, и в качестве третьего подхода используется дисперсионный анализ с позиции практической ценности в

области анализа природы трещиноватости.

При этом важным моментом в прогнозировании трещиноватости является использование результатов интерпретации Hi-Tech методов в комплексе со стандартным набором кривых ГИС и керновых исследований при выполнении дифференциации петротипов изучаемого разреза и уточнения фильтрационно-ёмкостных свойств для каждого выделенного типа коллектора. На се-



Рис.1 Анализ алгоритмической базы современного интерпретатора скважинных имиджей



Рис.2 Анализ алгоритмической базы современного интерпретатора волнового акустического каротажа

годняшний день дифференцированному изучению горных пород уделяется огромное внимание как при сейсмогеологическом моделировании, так и геологогидродинамическом, так как позволяет получить более точное представление о характеристиках пласта. Присутствие в разрезе трещиноватых коллекторов оказывает существенное влияние на дренирование залежи и подходы к разработке месторождения, что обуславливает необходимость учета в гидродинамической модели данной особенности с целью воспроизведения характерных эффектов от наличия системы трещин [7].

Касательно областей применения дифференцированного изучения трещиноватых коллекторов и прогнозирования трещиноватости, то полученные результаты могут в дальнейшем быть использованы в рамках:

- классификации сейсмических данных при площадном распространении фаций;
- стохастического моделирования при получении кубов типов горных пород и коллекторов;
- построения гидродинамической модели двойной среды.

Выводы

Оценка фильтрационно-ёмкостных свойств трещиноватого карбонатного разреза в большинстве случаев сопряжена с трудностями, обусловленными высокой литологической гетерогенностью отложений, неоднородностью свойств как по разрезу, так и по латерали, сложной структурой пустотного пространства коллекторов, а главное наличием системы трещин, обуславливающей фильтрацию флюидов в резервуарах такого типа. Для более геологичного моделирования поведения фильтрации и достижения максимального уровня добычи, важно осуществлять дифференцированное изучение фильтрационно-ёмкостных свойств карбонатного коллектора.

Использование альтернативных подходов, основанных на методах машинного обучения, включая нейросетевые и статистические алгоритмы при классификации геолого-геофизических данных, позволяют более оперативно выполнить прогноз пространственного развития фациальных зон на изучаемой площади, а самое главное снизить геологические риски при заложении и бурении новых скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barton, C.A., Zoback M.D. et al 1995. *Fluid flow along potentially active faults in crystalline rock. Geology*, 23, 683-686
2. Ye, S.J., & Rabiller, P: "Automated Fracture Detection On High Resolution Resistivity Borehole Imagery", 1998 SPE Annual Technical Conference. SPE 49300.
3. S.M.Luthi & P.Souhaite, "Fracture apertures from electrical borehole scans" *Geophysics*, Vol. 55 No. 7 (July 1990).
4. Kolbikova E., Gusev S., Garaev A., Malinovskaya O., Kamilevich R. "Forecast of prospective oil saturation zones in the Devonian carbonate deposits of the Kharyaginsky field based on geological and geophysical information analysis by using machine learning methods." SPE-206520, SPE Russian Petroleum Technology Conference, 2021
5. "Progressive integration method" , Rabiller 2001, consists of running the above listed methods and using the Electrofacies logs of the individual steps as model logs to generate the final Electrofacies
6. "A New Tool For Electrofacies Analysis: MRGC Multi-resolution graph based clustering" Ye, S.J. & Rabiller, P., 41st Annual SPWLA Symposium, 2000. Kamal Hami-Eddine, P. Klein, and L. Richard, 2009, Well Facies-based supervised classification on prestack
7. Petrophysical clustering of carbonates by complex analysis of a wide range of geological and geophysical data to clarify the reservoir filtration properties E. S. Kolbikova, D. S. Machukaev, S. V. Buchinskiy <https://proneft.elpub.ru/jour/article/view/395>

Y.S.Kolbikova

QUYU VƏ SEYSMİK MƏLUMATLARIN BİRGƏ TƏHLİLİ ƏSASINDA ÇATLARIN PROQNOZLAŞDIRILMASINDA QGT MƏLUMATLARININ İNTERPRETASIYASI ZAMANI TƏTBİQ EDİLƏN MÜASİR ALQORİTMİK BAZANIN TƏHLİLİ

XÜLASƏ

Çatlı karbonatlı kəsilişin filtrasiya-tutum xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi əksər hallarda çöküntülərin yüksək litoloji heterogenliyi, layların mürəkkəb məsaməli quruluşu və ən əsası, belə tipli kollektorlarda mayelərin filtrasiyasına səbəb olan çat sisteminin olması ilə əlaqədardır. Filtrləmə prosesinin geoloji modelləşdirilməsi və maksimum hasilat səviyyəsinə nail olmaq üçün karbonatlı kollektorun filtrasiya-tutum xüsusiyyətlərinin diferensiallaşdırılmış tədqiqinin aparılması vacibdir.

Geoloji və geofiziki məlumatların təsnifatı zamanı avtomatlaşdırılmış üsullara əsaslanan alternativ yanaşmaların, o cümlədən neyron şəbəkəsi və statistik alqoritmlərin tətbiqi tədqiqat ərazisində fasiya zonalarının fəza inkişafını daha tez proqnozlaşdırmağa, ən əsası sə yeni quyuların qazılması zamanı geoloji riskləri azaltmağa imkan verir.

Y.S.Kolbikova

ANALYSIS OF THE MODERN ALGORITHMIC BASE FOR INTERPRETATION OF HI-TECH LOG METHODS IN FRACTURE PREDICTION BY THE COMBINED ANALYSIS OF WELL AND SEISMIC DATA

ABSTRACT

Assessing the filtration-capacitance properties of a fractured carbonate section in most cases is associated with difficulties due to the high lithological heterogeneity of sediments, heterogeneity of properties both along the section and laterally, the complex structure of the pore space of reservoirs, and most importantly, the presence of a system of fractures that causes filtration of fluids in reservoirs of such type. For a more geological modeling of filtration behavior and achieving maximum production levels, it is important to carry out a differentiated study of the filtration and reservoir properties of a carbonate reservoir.

The use of alternative approaches based on machine learning methods, including neural network and statistical algorithms when classifying geological and geophysical data, makes it possible to more quickly predict the spatial development of facies zones in the study area, and most importantly, reduce geological risks when drilling new wells.