

**ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ
ОБРАЗЦОВ КЕРНА НА ПРИМЕРЕ ОПОРНОЙ СКВАЖИНЫ
ЗАПАДНО-ТЫМСКАЯ 1 ЛАБОРАТОРНЫМ МЕТОДОМ
ЯМР-РЕЛАКСОМЕТРИИ**

Мария Ионовна Шумскайте

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник лаборатории скважинной геофизики, тел. (383)330-07-81, e-mail: ShumskaiteMI@ipgg.sbras.ru

Вячеслав Николаевич Глинских

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор физико-математических наук, зав. лабораторией скважинной геофизики; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа, тел. (383)330-45-05, e-mail: GlinskikhVN@ipgg.sbras.ru

Петр Александрович Ян

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией седиментологии, тел. (383)363-67-21, e-mail: YanPA@ipgg.sbras.ru

Сергей Владимирович Родякин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник лаборатории седиментологии, тел. (383)333-23-03, e-mail: RodyakinSV@ipgg.sbras.ru

Показаны возможности оперативного определения основных фильтрационно-емкостных свойств терригенных пород коллекторов методом ЯМР-релаксометрии на примере юрско-меловых отложений, вскрытых опорной скважиной Западно-Тымская №1. Проводится сопоставление полученных данных с результатами литолого-стратиграфического анализа.

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс, релаксометрия, образцы керна, фильтрационно-емкостные свойства, свита, глубина отбора керна.

**EXPRESS CHARACTERIZATION OF RESERVOIR PROPERTIES
OF CORE SAMPLES IN TERMS OF KEY-WELL WEST-TYM 1 BY
LABORATORY NMR METHOD**

Mariya Y. Shumskayte

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Junior Researcher of the Laboratory of Borehole Geophysics, tel. (383)330-07-81, e-mail: ShumskaiteMI@ipgg.sbras.ru

Vyacheslav N. Glinskikh

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Head of the Laboratory of Borehole Geophysics; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., Associate Professor, tel. (383)330-45-05, e-mail: GlinskikhVN@ipgg.sbras.ru

Petr A. Yan

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Head of the laboratory of sedimentology, tel. (383)363-67-21, e-mail: YanPA@ipgg.sbras.ru

Sergey V. Rodyakin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Junior Researcher of the laboratory of sedimentology, tel. (383)333-23-03, e-mail: RodyakinSV@ipgg.sbras.ru

Potential of the operating determination of the reservoir properties of terrigenous reservoir rock by NMR-relaxometry method are shown in terms of Jurassic-Cretaceous deposits tapped by key-well West-Tym 1. It carried out a comparison of obtained data with the results of lithologic and stratigraphic analysis.

Key words: nuclear magnetic resonance, relaxometry, core samples, reservoir properties, suite, core depth.

Одна из первостепенных задач всех лабораторных петрофизических исследований керна заключается в определении фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов. Стандартные методы исследования нередко приводят к частичному или полному разрушению образцов керна, что делает их непригодными для дальнейших исследований. К тому же этот процесс очень трудоемкий и занимает достаточно много времени. Именно поэтому возникает необходимость поиска альтернативных методов исследования керна. К таким относится импульсная ЯМР-релаксометрия. Она позволяет экспрессно и без механического воздействия получать качественную и количественную информацию о структуре порового пространства изучаемой геологической среды и типе насыщающего ее флюида. Измерения выполняются на ЯМР-релаксометре «МСТ-05». К настоящему времени накоплен огромный опыт получения петрофизической информации по ЯМР-данным [1-4].

Объектом данного исследования послужили мезозойские отложения, представленные в разрезе параметрической скважины Западно-Тымская 1, расположенной в зоне сочленения Усть-Тымской мегавпадины и Александровского свода (северо-западная часть Томской области). Скважина вскрыла полный разрез меловых и юрских нефтегазоносных комплексов и кровлю доюрского основания. Керном в разной степени охарактеризованы алмская (нижний апт, интервал отбора керна 1591–1608,3 м), тарская (нижний валанжин, интервал 2220–2268,6 м), куломзинская (берриас-нижний валанжин, интервал 2299–2309 м), васюганская (келловей-оксфорд, интервал 2644–2673 м), тюменская (байос-бат, интервалы 2700–2717,7; 2760–2778,2; 2838–2872,7; 2970–3006 м), салатская (нижний тоар-аален, интервал 3050–3134 м), тогурская (нижний тоар, интервал 3136,5–3174,6 м) и урманская свиты (геттанг-плинсбах, интервал 3174,6–3210,7 м). Исследовано 107 водонасыщенных образцов преимущественно алеврито-песчаных пород, прошедших предварительную экстракцию хлороформом.

Петрофизические свойства образцов керна характеризуются следующими параметрами. Коэффициенты пористости (K_p) и проницаемости ($K_{пр}$) определяются как классическими методами по гелию на установке AP-608 (CORE-TEST SYSTEM, INC.), так и методом ЯМР на релаксметре «МСТ-05». ЯМР-пористость определяется как начальная амплитуда ЯМР-сигнала, проницаемость в методе ЯМР определяется по уравнению Коатеса [5]:

$$K_{пр} = CK_n^4 \left(\frac{K_{п\text{эфф.}}}{K_{п\text{связ.}}} \right)^2,$$

где C – калибровочный коэффициент, $K_{п\text{эфф.}}$ – эффективная ЯМР-пористость, $K_{п\text{связ.}}$ – ЯМР-пористость, характеризующая долю связанного флюида.

Значения K_p и $K_{пр}$ меняются в диапазоне 3–25 % со средним значением 12 % и 10^{-2} – 10^3 мД со средним значением 70 мД. Среднее время поперечной релаксации (T_{2cp}) меняется в диапазоне 2–150 мс со средним значением 30 мс, доля свободного флюида составляет 1–85 % со средним значением 44 %. При этом большинство образцов характеризуются коэффициентами пористости 10-15 %, проницаемости 1–10 мД, средним временем поперечной релаксации 10–30 мс и долей свободного флюида 30–50 % (рис. 1).

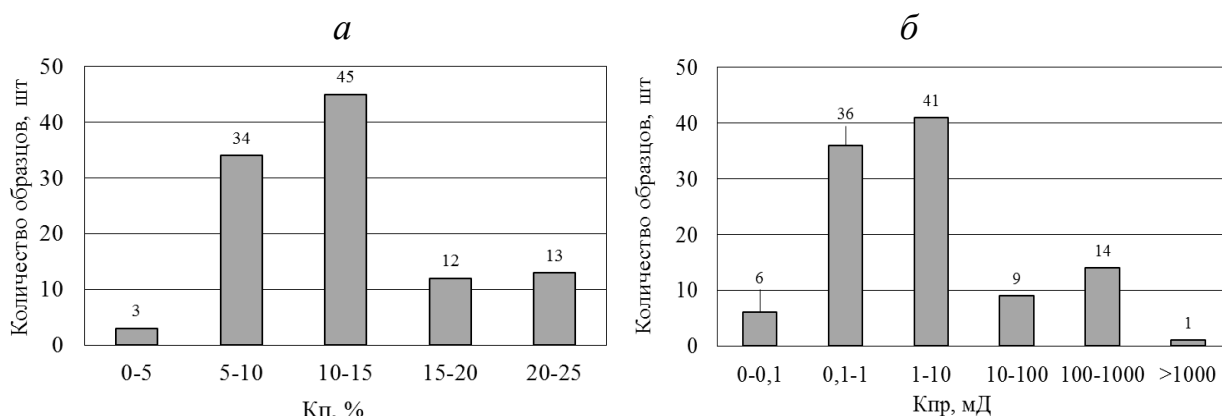


Рис. 1. Распределение значений коэффициентов пористости (а) и проницаемости (б) по ЯМР-данным

Полученные данные позволяют получить надежные корреляционные связи петрофизических параметров с ЯМР-характеристиками (рис. 2, 3). Видно, что значения коэффициентов пористости и проницаемости тесно связаны как между собой, так и с основным ЯМР-параметром – временем поперечной релаксации.

Как известно [5, 6], время поперечной релаксации зависит от размера пор, что объясняет разброс значений на рис. 2, а. Размеры пор зависят, прежде всего, от состава обломочной части пород, от типа и количества цемента. А также, при существенных количествах глинистой составляющей, от мине-

ралогического состава последней [7]. Для установления более надежной корреляционной связи коэффициента пористости и времени поперечной релаксации необходимо использовать данные гранулометрического и минералогическо-петрографического анализов.

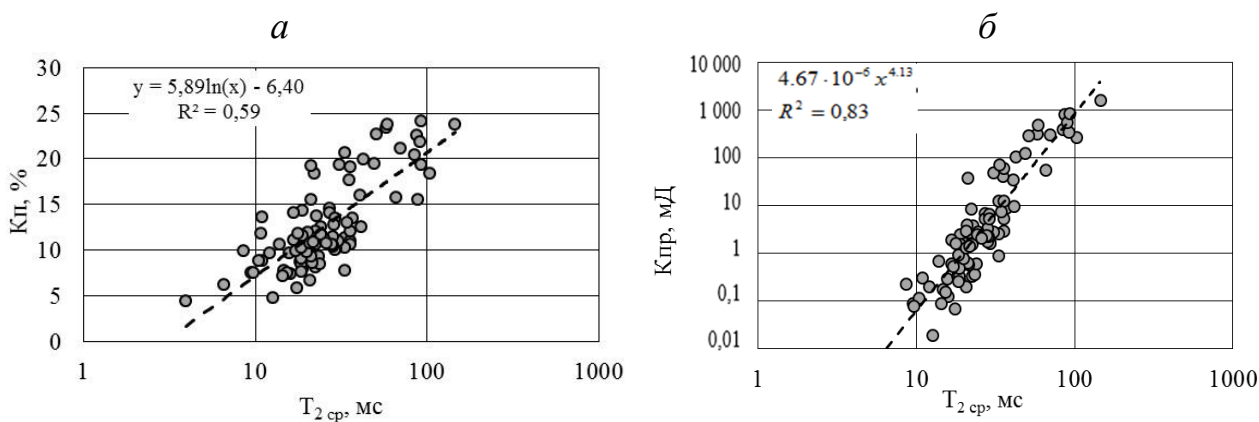


Рис. 2. Корреляционные связи коэффициентов пористости (а) и проницаемости (б) с временем поперечной релаксации

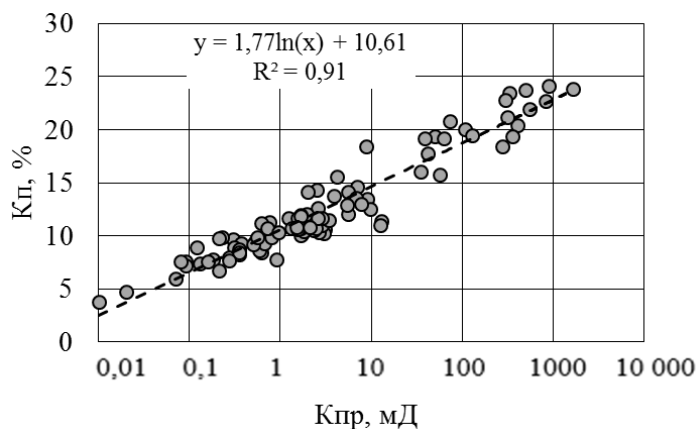


Рис. 3. Корреляционная связь коэффициентов пористости и проницаемости

Также наблюдается корреляция ФЕС с распределением исследуемых образцов керна по свитам (рис. 4), которая отражает уменьшение коэффициента пористости песчано-алевритовых пород с глубиной вследствие уплотнения и катагенетических преобразований. Это позволяет проводить оперативное сопоставление петрофизических данных, полученных методом ЯМР, с результатами литолого-стратиграфического анализа и с определенной долей условности прогнозировать информацию о фильтрационно-емкостных свойствах керна. Отметим, что в этом примере не рассматриваются свиты, представленные ме-

нее чем 3 образцами (алымская – 1 образец, колумзинская – 1 образец, урманская – 1 образец и тогурская – 2 образца).

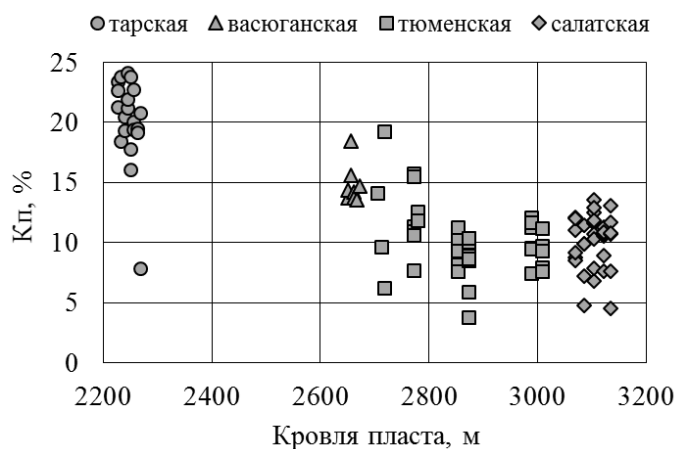


Рис. 4. Распределение коэффициента пористости по свитам в зависимости от кровли пласта

С целью более рационального и оптимального доступа к данным все они хранятся в одном файле, содержащем подробную информацию о каждом образце: измеренные коэффициенты пористости и проницаемости, время поперечной релаксации, доли свободного и связанного флюида, а также фото керна, исходный файл зарегистрированного ЯМР-сигнала, а также краткий отчет, содержащий основные ЯМР-характеристики в текстовом виде. Подобный способ хранения информации позволяет легко получать доступ к ней для дальнейшей работы.

Таким образом, на примере параметрической скважины Западно-Тымская 1 показано, что ЯМР-релаксометрия позволяет получить информацию о распределении фильтрационно-емкостных свойств образцов керна как по разрезу в целом, так и по каждой свите отдельно. Основное преимущество метода ЯМР заключается в возможности его вовлечения в комплекс стандартных лабораторных исследований керна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурцовкин В.А., Топорков В.Г. Новая ЯМР-технология петрофизических исследований керна, шлама и флюидов // Каротажник. – 2000. – № 69. – С. 84–97.
2. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н. Экспериментальное исследование зависимости ЯМР-характеристик от удельной поверхности и удельного электрического сопротивления песчано-алевритно-глинистых образцов // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 10. – С. 1911–1918.
3. Лабораторное изучение жидкостей, выносимых из скважин, методом ЯМР-релаксометрии / М.Й. Шумскайте, В.Н. Глинских, С.Б. Бортникова, А.Н. Харитонов, В.С. Пермяков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 2. – С. 59–66.
4. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н. Изучение удельной поверхности водонасыщенных песчано-алевролитовых пород по данным ЯМР-релаксометрии // Тюмень-2015: Глубокие горизонты науки и недр:

Материалы 4-ой международной научно-практической конференции. – Тюмень. – 2015. – CD-ROM. – PPO2. – Режим доступа: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=79691>.

5. Коатес Дж., Хиао Л., Праммер М. Каротаж ЯМР. Принципы и применение. – Хьюстон: Халлибуртон Энерджи Сервисез, 2001. – 439 с.

6. Джафаров И.С., Сынгаевский П.Е., Хафизов С.Ф. Применение метода ядерного магнитного резонанса для характеристики свойства и распределения пластовых флюидов. – М.: Химия, 2002. – 439 с.

7. Шумскайте М.Й., Глинских В.Н. Анализ влияния объемного содержания и типа глинистых минералов на релаксационные характеристики песчано-алевритовых образцов керна // Каротажник. – 2015. – № 253. – С. 56–62.

© М. Й. Шумскайте, В. Н. Глинских, П. А. Ян, С. В. Родякин, 2017