

Научная статья

Original article

УДК 504



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КАРОТАЖА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ  
СКВАЖИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕФТИ И ГАЗА**

**USING LOGGING DATA FROM EXPLORATION WELLS TO DETERMINE  
THE CHARACTERISTICS OF OIL AND GAS FIELDS**

**Балабуха Алексей Владимирович** – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: [balabukha.av@dvfu.ru](mailto:balabukha.av@dvfu.ru)

**Глушан Павел Владимирович** – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: [glushan.pv@dvfu.ru](mailto:glushan.pv@dvfu.ru)

**Гулая Юлия Васильевна** – аспирант, Дальневосточный федеральный университет email: [gulaia.uv@dvfu.ru](mailto:gulaia.uv@dvfu.ru)

**Научный руководитель: Гульков Александр Нефёдович** – профессор, д.т.н., Дальневосточный федеральный университет email: [gulkov.an@dvfu.ru](mailto:gulkov.an@dvfu.ru)

**Balabukha Alexey Vladimirovich** – postgraduate student, Far Eastern Federal University email: [balabukha.av@dvfu.ru](mailto:balabukha.av@dvfu.ru)

**Pavel Vladimirovich Glushan** – Postgraduate student, Far Eastern Federal University email: [glushan.pv@dvfu.ru](mailto:glushan.pv@dvfu.ru)

**Gulaya Yulia Vasilyevna** – postgraduate student, Far Eastern Federal University email: [gulaia.uv@dvfu.ru](mailto:gulaia.uv@dvfu.ru)

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

**Аннотация.** Данные исследований скважин после бурения включают в себя широкий спектр различных измерений как, например, каротаж во время бурения (measurement-while-drilling MWD), стандартные методы каротажа скважин и исследования бурового раствора. Данные исследований скважин используются для глубокого изучения месторождения. Технологии скважинного каротажа постоянно совершенствуются для того, чтобы удовлетворить постоянно растущую потребность в более точных данных прогнозов характеристик месторождений. В последние годы многие современные разработки нашли свое коммерческое применение для решения описанных выше задач. В представленной работе описывается ряд современных исследований и инноваций, а также выдвигаются предположения о будущих тенденциях в отрасли.

**Annotation.** The data from post-drilling well surveys include a wide range of different measurements, such as logging during drilling (measurement-while-drilling MWD), standard well logging methods and drilling mud studies. Well research data is used for in-depth study of the field. Borehole logging technologies are constantly being improved in order to meet the ever-growing need for more accurate data forecasts of field characteristics. In recent years, many modern developments have found their commercial application to solve the tasks described above. The presented paper describes a number of current research and innovations, as well as makes assumptions about future trends in the industry.

**Ключевые слова:** Скважинный каротаж, обогащение данных, измерение сопротивления пород, каротаж потенциала собственной поляризации, акустический каротаж, пористость.

**Keywords:** Downhole logging, data enrichment, rock resistance measurement, self-polarization potential logging, acoustic logging, porosity.

## **Введение**

Одной из главных задач при разведке месторождений нефти и газа является оценка запасов месторождения. В свою очередь эта задача является составной и включается определение границ и формы месторождения, а также пористости. Для получения данных о месторождении используются различные методы исследований, такие как трехмерные сейсмические исследования, исследования бурового раствора при бурении, исследования керна, отбираемого на различных стадиях бурения, а также магнитные, гравитационные и электрофизические методы исследований с помощью приборов, которые опускаются в скважины на электрических кабелях. Также в исследовании месторождений важную роль играют исследования данных о давлении при тестах скважин, а также отбор скважинной продукции [1].

Одной из важнейших характеристик коллектора для геологов является так называемая среда осадконакопления. В зависимости от различных условий накопления осадочных пород, коллектор может иметь различную форму, которая имеет большое значение для плана разработки месторождения. Определение условий осадконакопления является комплексным вопросом, для ответа на который геологи используют различные данные, однако именно данные скважинного каротажа позволяют построить карты распределения фаций по месторождению и сделать предположения о природе формирования месторождения.

## **Обзор литературы**

В представленной работе основное внимание уделяется скважинному каротажу, который осуществляется набором различных приборов измерения, которые опускаются в скважину на электрическом кабеле. Однако важно отметить, что в настоящее время большое развитие получили также методы измерений во время бурения, когда измерительные приборы располагаются непосредственно на буровой колонне после бурового долота [2]. В зависимости от выбора технологии строительства скважины могут применяться также различные методы скважинного каротажа. Некоторые типы скважинного каротажа служат именно для определения

целостности обсадной колонны и равномерность распределения цементного раствора [3].

С точки зрения передачи информации колонны скважинного каротажа могут подразделяться на комплексы, которые хранят полученные данные в памяти и затем данные извлекаются после поднятия измерительного комплекса. В других типах скважинного каротажа данные могут передаваться в режиме реального времени. Для передачи данных в таких устройствах используется электрический кабель, который служит также опорой для приборов в скважине.

Развитие скважинного каротажа исторически происходило с внедрением новых технологий измерений.

### **Основные методы скважинного каротажа**

Измерение электрического сопротивления (Resistivity logs). Такой тип исследования позволяет отделить водонасыщенные интервалы по стволу скважины, так как пластовые воды являются хорошим проводником электрического тока за счет присутствия ионов растворенных в пластовых водах солей. В свою очередь углеводороды обладают существенно более высоким электрическим сопротивлением. Этот физический принцип лежит в основе работы каротажа удельного сопротивления. Измерительный прибор оснащен двумя электродами. Электрический ток через пласт, насыщенный флюидом, проходит от одного электрода к другому [4]. Сила тока варьируется вдоль ствола скважины в зависимости от проводимости пластовой жидкости. Высокое удельное сопротивление может служить индикатором нефтенасыщения. Наибольшее распространение в нефтегазовой отрасли не сегодняшний день получили приборы двойного латерального каротажа и каротажа с микросферической фокусировкой.

Каротаж потенциала собственной поляризации (ПС). Этот тип измерения включает в себя спуск прибора с закрепленным электродом и сравнение полученного потенциала с эталонным электродом, установленным на устье скважины. В зависимости от процентного содержания глини и минерализации пластовых вод прибор фиксирует отклонение электрохимического потенциала по мере приближения к проницаемому пласту коллектора (рисунок 1).

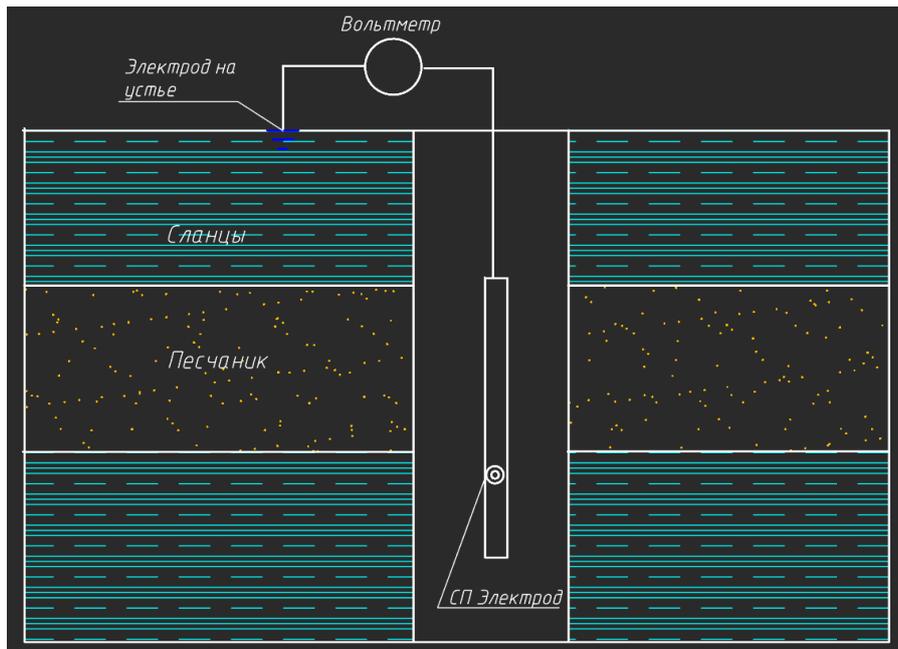


Рисунок 1 – Компоновка каротажа потенциала собственной поляризации.

Плотностной каротаж позволяет измерить объемную плотность пород. Принцип работы устройства основан на использовании радиоактивных материалов. Объемную плотность породы рассчитывают путем подсчета количества гамма-лучей, испускаемых в результате комптоновского рассеяния и фотоэлектрической адсорбции при перемещении прибора поперек вектору распространения пласта [5]. Эти данные помогают петрофизикам в определении проницаемости пласта.

Гамма каротаж осуществляется посредством устройства, которое фиксирует естественную радиоактивность пласта. Радиоактивный калий, содержащийся в глине, слагающей сланцевые пласты, отличают их от нерадиоактивных частиц кварца, составляющих слои песчаника. Также в слоях сланца встречаются уран и торий в адсорбированной форме. Таким образом гамма каротаж является основным инструментом для определения сланцевых пластов [6].

Пористость, литология и шероховатость породы влияют на скорость, с которой звук проходит сквозь породу, этот факт лежит в основе работы акустического каротажа. Для определения свойств породы инструмент использует передатчик, который посылает звуковые волны, а также приемник, фиксирующий время, за которое отраженный сигнал вернется к измерительному прибору (рисунок 2).

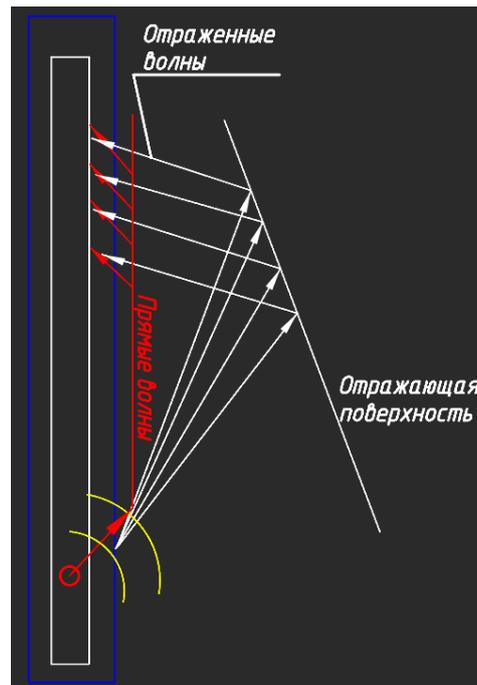


Рисунок 2 – Принципиальная схема фиксации сигналов акустическим каротажем.

Характеристики, которые могут быть определены на основании каротажных измерений, включают следующее: водо-, нефте- или газонасыщенность, пористость и проницаемость, литология, доля содержания сланца и удельное сопротивление [7]. Показания каротажа удельного сопротивления являются функцией от пористости породы и проводимости пластового флюида (солености). Также данные этого исследования используются для оценки проницаемости пласта по различным типам жидкости (вода, нефть и газ).

### **Заключение**

В представленной работе рассмотрены основные методы внутрискважинных исследований, и обозначены области применения получаемых данных для определения основных свойств месторождений нефти и газа, а также ограничения рассматриваемых методов связанных с определением структур малых масштабов внутри пласта коллектора. Большую перспективность имеют методы изменений во время бурения. В этой области было выделено важное направление развития, а именно повышение скорости передачи данных от забоя к устью скважины. По результатам проведенного обзора были сделаны выводы о том, что использование данных скважинного каротажа для определения свойств пород коллектора нефтегазовых месторождений является перспективной областью исследований.

**Список использованной литературы:**

1. Алексеев А.Д., Аниськин А.А., Волокитин Я.Е., и др. Опыт и перспективы применения современных комплексов ГИС И ГДИС на месторождениях Салымской группы // Инженерная практика. 2011, № 11–12.
2. Давыдов В.А. Сейсмоэлектрические исследования на грунтовой плотине – Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН. Екатеринбург // Уральский геофизический вестник. 2020. № 4 (42). DOI: 10.25698/UGV.2020.4.4.21.
3. Thomas A. Essentials of Polymer Flooding Technique. April 2019, Wiley – ISBN:9781119537588.
4. Салаватов Т.Ш., Абдуллаев М.К., Гараев Р.Г., и др. Способ повышения производительности скважин применением термохимической обработки призабойной зоны пласта // Научное обозрение. 2016, №9. С. 61–69.
5. Казначеев П.А., Камшилин А.Н. Нелинейные механоэлектрические преобразования в пористых средах: теоретические предпосылки // Горный информационно аналитический бюллетень. 2019. № 7. С. 83–103. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-83-103.
6. Hinestroza JML, Masalmeh K, Xu S, et al, 2021. Analysis of the World's First Polymer Injectivity Test in a Carbonate Reservoir Under Extreme Harsh Conditions in ADNOC's Reservoirs. D031S068R001. DOI: 10.2118/207991-MS.
7. Майоров К.Н. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач нефтегазовой сферы // Интеллектуальные системы в производстве. 2021. Т. 19. № 3. С. 55-64. DOI: 10.22213/2410-9304-2021-3-55-64

**List of used literature:**

1. Alekseev A.D., Aniskin A.A., Volokitin Ya.E., etc. Experience and prospects of using modern GIS and GDIS complexes in the fields of the Salym Group // Engineering practice. 2011, No. 11-12.

2. Davydov V.A. Seismoelectric research on a ground dam – Y.P. Bulashevich Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Yekaterinburg // Ural Geophysical Bulletin. 2020. № 4 (42). DOI: 10.25698/UGV.2020.4.4.21.
3. Thomas A. Essentials of Polymer Flooding Technique. April 2019, Wiley – ISBN:9781119537588.
4. Salavatov T.Sh., Abdullaev M.K., Garaev R.G., et al. A method for increasing the productivity of wells using thermochemical treatment of the bottomhole formation zone // Scientific Review. 2016, No.9. С. 61-69.
5. Kaznacheev P.A., Kamshilin A.N. Nonlinear mechanoelectric transformations in porous media: theoretical prerequisites // Mining information Analytical Bulletin. 2019. No. 7. pp. 83-103. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-83-103.
6. Hinestrosa JML, Masalmeh K, Xu S, et al, 2021. Analysis of the World's First Polymer Injectivity Test in a Carbonate Reservoir Under Extreme Harsh Conditions in ADNOC's Reservoirs. D031S068R001. DOI: 10.2118/207991-MS.
7. Mayorov K.N. Application of machine learning algorithms to solve problems in the oil and gas sector // Intelligent systems in production. 2021. Vol. 19. No. 3. pp. 55-64. DOI: 10.22213/2410-9304-2021-3-55-64

© Балабуха А.В., Глушан П.В., Гулая Ю.В., 2024 Международный журнал прикладных наук и технологий Integral №1/2024.

**Для цитирования:** Балабуха А.В., Глушан П.В., Гулая Ю.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КАРОТАЖА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА// Международный журнал прикладных наук и технологий Integral №1/2024.