

УДК 550.832

DOI: 10.52531/1682-1696-2023-23-1-65-72

Научная статья

# КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ МЕТОДОВ ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИВЕРГЕНТНОГО КАРОТАЖА В ОБСАЖЕННЫХ СКВАЖИНАХ

Д. А. Сизов

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ДУБНА»

В эксплуатационных скважинах применяют ядерно-физические и электрические методы каротажа для исследования заколонного пространства. Более известным и распространенным является импульсный нейтронный каротаж (ИНК) [16] и его модификации. Менее распространенным считают электрический дивергентный каротаж (ЭДК) [2] в обсаженных скважинах. Методы решают одну и ту же задачу, однако являются не идеальными и имеют свои недостатки.

В данной статье представлены преимущества и недостатки методов ИНК и ЭДК. Значимым критерием при выборе предпочтительного способа определения текущей нефтегазонасыщенности служит минимальная погрешность выходных результатов исследования методов. Должны быть учтены условия эксплуатации конкретного месторождения. Наилучшие результаты будут достигнуты при комплексировании вышеуказанных методов, существенно отличающихся как по своим физическим характеристикам, так и по принципам измерения ядерно-физических и электрических параметров.

**Ключевые слова:** ядерно-физический каротаж, электрический каротаж, обсаженная скважина, нефтегазонасыщенность

## ВВЕДЕНИЕ

Преобладающим методом при исследовании заколонного пространства в обсаженных скважинах является метод ИНК и его модификации. Метод ЭДК базируется на других физических законах, но применяется для решения тех же задач что и ИНК. Исследование комплементарности этих методов позволит

Original article

## COMPLEMENTARITY OF PULSE NEUTRON LOGGING AND ELECTRIC DIVERGENT LOGGING IN CASED WELLS

D. A. Sizov

DUBNA STATE UNIVERSITY

In production wells, nuclear-physical and electrical logging methods are used to study the backwater space. More well-known and widespread is pulsed neutron logging (PNL) [16] and its modifications. Electric divergent logging (EDC) is considered less common [2] in cased wells. Both methods solve the same problem, but they are still not ideal and have their drawbacks.

This article presents the advantages and disadvantages of the PNL and EDC methods in comparison with each other. A significant criterion when choosing the preferred method for determining the current oil and gas saturation is the minimum error of the output results of the study by the method. The operating conditions of a particular deposit must be taken into account. When choosing the optimal method for determining the current oil and gas saturation from the point of view of the minimum error, the operating conditions of each specific field should be taken into account. The best results, however, will obviously be achieved by combining the above methods, which radically differ significantly both in their physical characteristics and in the principles of measuring nuclear physical and electrical parameter.

**KEYWORDS:** nuclear-physical logging, electrical logging, cased hole, oil and gas saturation

повысить достоверность и экспрессность в получении результатов интерпретации.

## МЕТОД ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА

Метод ИНК регистрирует временную характеристику изменения нейтронного (или вторичного поля гамма-квантов) после облучения породы кратковременным импульсом (>10 мкс, периодичность импульсов 50–100 мкс) быстрых нейтронов

0,5–1×10<sup>8</sup> нейтрон/сек, энергией 14 МэВ. Основная искомая характеристика нейтронного поля – скорость его изменения, то есть затухания. Время задержки регистрации выбирают в интервале от 200 до 2000 мкс, это делают для того чтобы охватить все возможные значения времени жизни тепловых нейтронов в породах. Для вторичного поля гамма-квантов, определяют схожую характеристику (с некоторыми оговорками), гамма-поле повторяет поведение первичного нейтронного поля [13]. Модификации, регистрирующие вышеописанные характеристики получили названия [16]: импульсный нейтрон-нейтронный (ИННК) и импульсный нейтронный-гамма каротаж (ИНГК). Существует еще одна модификация ИНК, это импульсный нейтронный-гамма каротаж спектрометрический (ИНГК-С), поскольку ИНГК-С является достаточно сложным и уникальным методом в области обработки и интерпретации, большее внимание уделено ИННК и ИНГК.

При регистрации на детекторах частиц, каждый фиксируемый квант преобразуется в электрический импульс, и обычно выходным параметром служит счёт импульсов (N). Для обработки первичных данных ИННК и ИНГК используют полулогарифмическую систему координат, поскольку в горных породах спад скорости счёта нейтронного поля происходит по экспоненте (формула 1):

$$N = N_0 \times \exp(-\lambda\tau) \quad (1)$$

где N<sub>0</sub> – плотность нейтронов в момент t<sub>0</sub>; τ – время жизни нейтронов в данной среде, λ = 1/τ – временной декремент затухания потока тепловых нейтронов.

По оси абсцисс откладывают время от завершения импульса излучения нейтронов в линейном масштабе,

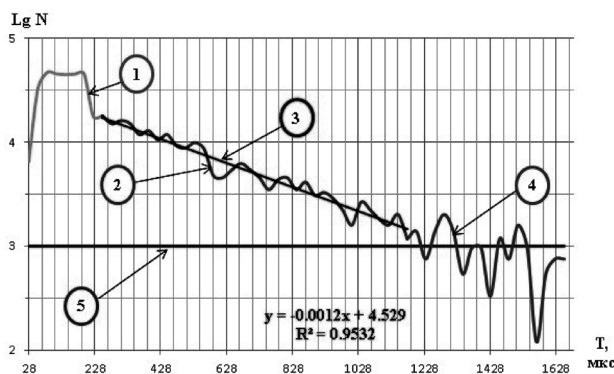


Рис. 1.

График зависимости логарифма скорости счёта тепловых нейтронов от времени [13, 15]. 1 – интервал влияния скважины, 2 – интервал влияния породы, 3 – линейная регрессия  $y = -0.0012x + 4.529$ , R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации, 4 – интервал фона, 5 – уровень шумов

по оси ординат в логарифмическом масштабе скорость счёта нейтронов (рис. 1). Такой подход позволяет при построении регрессии, аппроксимирующей скорость счёта, использовать линейную функцию.

На регистрируемой кривой выделяют два основных временных окна:

1. влияние скважины на показания метода, полученные данные в этом временном окне не несут полезной информации (рис. 1).

2. влияние непосредственно самой горной породы, окружающей скважину, следовательно, такие показания в этом временном окне будут информативными, по ним и определяют характер насыщения вмещающих горных пород.

В свою очередь существует и третий интервал низкой скорости счёта, связанный со случайными и посторонними по происхождению импульсами [13].

Метод применим как в терригенных, так и в карбонатных породах, однако его информативность зависит от определенного числа факторов таких как:

- значение коэффициента пористости приблизительно 20%;
- минерализации пластовых вод 50÷100 г/л;
- отсутствие элементов с высоким сечением захвата в исследуемых горных породах, а так же пластовой воде, таких как кадмий, бор, литий, хлор и др.;
- расформировавшейся зоны проникновения.

Обработку ИНГК и ИННК сводят к получению таких величин, как макроскопическое сечение захвата нейтронов – Σ<sub>3</sub> или среднему времени жизни тепловых нейтронов – τ<sub>ср</sub>.

Полученные в ходе обработки значения Σ<sub>3</sub>, τ<sub>ср</sub> используют в формулах (2, 3, 4, 5, 6, 7):

$$\Sigma_3 = \frac{4,55}{\tau_{ср}} \quad (2)$$

$$\Sigma_3 = \Sigma_B k_B + \Sigma_H k_H, \quad (3)$$

$$\Sigma_{ГВ} = (1 - k_{Г1} - k_{ГЛ}) \Sigma_{ск} + k_{Г1} \Sigma_B + k_{ГЛ} \Sigma_{ГЛ}, \quad (4)$$

$$\Sigma_{ГН} = (1 - k_{Г1} - k_{ГЛ}) \Sigma_{ск} + k_{Г1} \Sigma_H + k_{ГЛ} \Sigma_{ГЛ}, \quad (5)$$

$$\Sigma_{ГР} = (1 - k_{Г1} - k_{ГЛ}) \Sigma_{ск} + k_{Г1} \Sigma_3 + k_{ГЛ} \Sigma_{ГЛ}, \quad (6)$$

$$\Sigma_{ГФ} = (1 - k_{Г1} - k_{ГЛ}) \Sigma_{ск} + k_{Г1} \Sigma_{Ф} + k_{ГЛ} \Sigma_{ГЛ}, \quad (7)$$

где Σ<sub>ГВ</sub>, Σ<sub>ГН</sub>, Σ<sub>ГР</sub>, Σ<sub>ГФ</sub> – макроскопическое сечение захвата тепловых нейтронов, соответственно, для пласта-коллектора, полностью насыщенного водой, нефтью, фильтратом бурового раствора и предельно насыщенного флюидом.

После подстановки значений коэффициента пористости и объемной глинистости (если в разрезе присутствует глинистый материал) уравнения (4, 5) можно решить относительно коэффициента водонасыщения.

В случае заполнения пор только двумя компонентами (вода и нефть) уравнение будет иметь вид (8):

$$k_{ов} = \left( \frac{\Sigma \cdot \Sigma_H}{\Sigma_B \cdot \Sigma_H} \right), \rightarrow k_{он} = 1 - k_{ов}, \quad (8)$$

где  $k_{ов}$  – коэффициент остаточной водонасыщенности,  $k_{он}$  – коэффициент остаточной нефтенасыщенности.

Перечисленные выше факторы, влияющие на информативность записи ИНК, а именно пористость, минерализация и элементы с высоким сечением захвата, по характеру являются геологическими и могут быть определены на этапе исследований открытого ствола скважины. Фактор нерасформированной зоны проникновения также можно охарактеризовать как геологический, однако он все же является и отчасти техногенным.

Поскольку именно поспешное решение об обсадке скважины приводит к не информативности результатов исследования, такой пример представлен ниже (рис. 2).

На рисунке 2 представлен результат интерпретации показаний двухзондовой модификации 2-ИНГК. На нем явно наблюдается не расформированная зона проникновения, измерения были проведены через 6 дней после спуска обсадной колонны и последующем цементировании скважины. При сравнении кривых фактического макроскопического сечения захвата (SGMA) и теоретической кривой макроскопического сечения захвата для фильтра бурового

раствора (SFFD<sub>ф</sub>). Отсюда следует вывод о том, что в данном случае зона проникновения полностью не расформирована и это в свою очередь не позволяет определить коэффициент остаточного нефтегазонасыщения на количественном уровне. Следует считать данный замер фоновым для контроля за текущей насыщенностью пласта.

### МЕТОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИВЕРГЕНТНОГО КАРОТАЖА

Метод ЭДК применяют для определения удельного электрического сопротивления (УЭС) вмещающих горных пород в обсаженных скважинах [1]. При подаче достаточно большого тока порядка 6–10 А по питающим электродам (см. рис. 3), имеющим контакт с обсадной колонной. Обсадная колонна выступает в качестве протяженного проводника, ток протекает в двух направлениях, вертикальном и радиальном. Радиально направленный ток протекает в горной породе, по изменению потенциала вдоль обсадной колонны и величины УЭС колонны можно определить величину радиальной составляющей тока. Это следует из закона Ома, сопротивление зависит от силы тока и напряжения [2, 6]. С помощью разработанного в компании ООО «ГЕОКОМ» математического алгоритма измеренные величины пересчитывают в УЭС горной породы [4, 5, 7, 8].

Измерения проводят в поточечном режиме через 0,5 метров в 6-ти точках. При помощи электрического

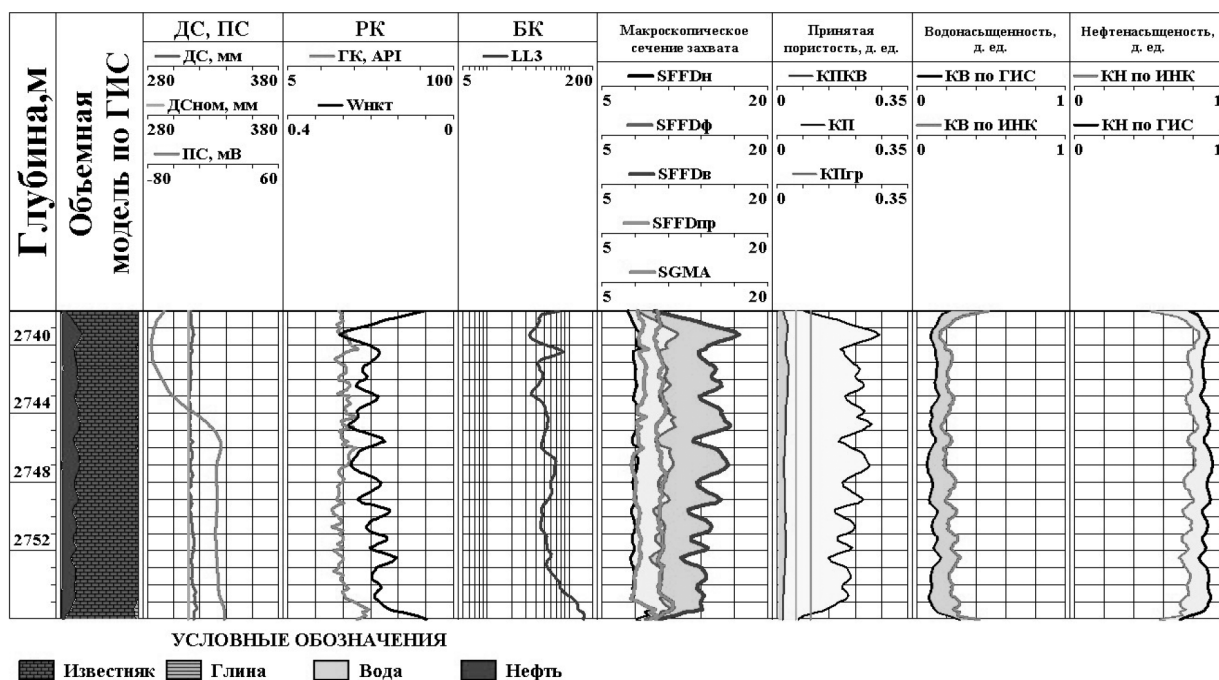


РИС. 2.

Пример интерпретации данных ИНК в скважине с нерасформированной зоной проникновения [13, 15]



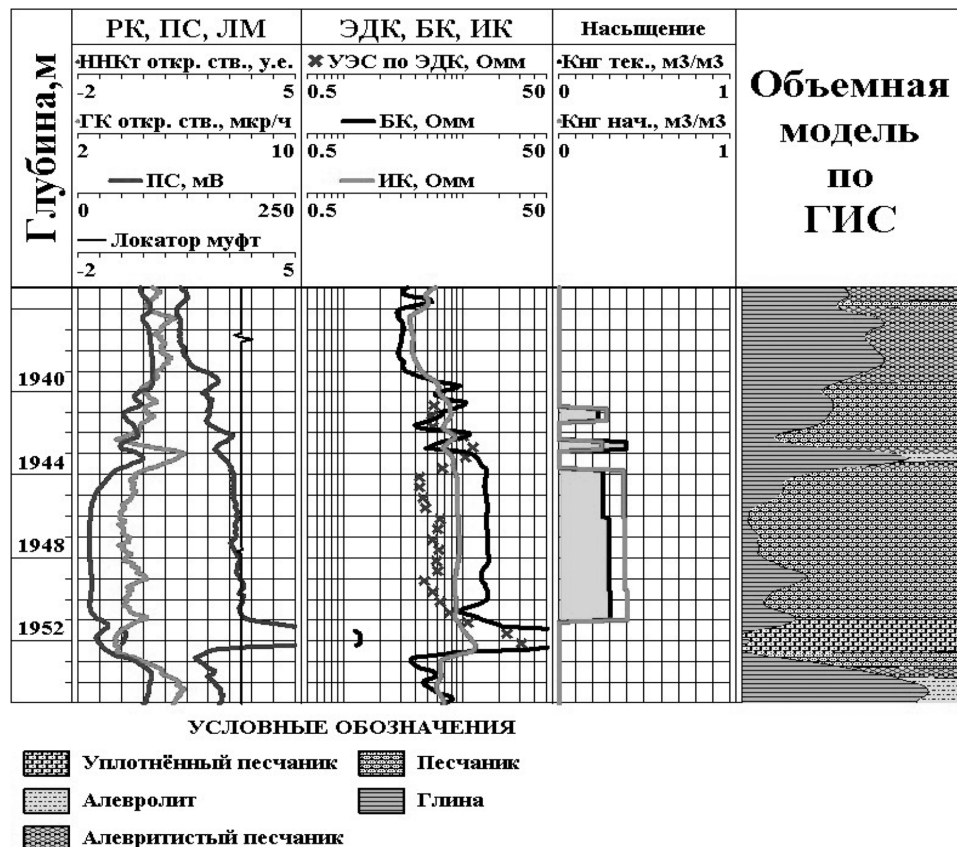


Рис. 5.

Результурующий планшет по ЭДК [15]

уменьшении коэффициента остаточного нефтегазонасыщения с исходных 40% до 30%.

Интервал залегания уплотнённого песчаника 1951,0–1953,0 м является хорошим примером опорного пласта для привязки ЭДК. Показания УЭС по ЭДК хорошо коррелируются с показаниями УЭС по боковому каротажу (БК) в открытом стволе.

### КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ ИНК И ЭДК

Нельзя не упомянуть совместную научную работу авторов: М.Ф. Мирчинка, О.Л. Кузнецова, Л.А. Сергеева, Л.З. Цава, Н.Н. Деева, Ю.С. Шимелевича «О некоторых возможностях комплексного изучения скважин импульсными нейтронными и акустическими методами» [11]. В ней представлены основные задачи, а именно:

- контроль за обводнением продуктивных пластов;
- определение степени изоляции продуктивных пластов при обсадке скважин;
- выбор интервалов перфорации;
- выделение газовых коллекторов.

При решении этих задач акустический и импульсный нейтронный каротаж будут взаимодополнять

друг друга и общий полученный результат будет более информативным.

В не менее значимой научной работе О.Б. Кузьмичева «Возможности промыслово-геофизических методов для мониторинга разработки месторождений углеводородного сырья» представлен анализ недостатков и преимуществ методов контроля за разработкой в эксплуатационных скважинах. Также описана возможность определения высоты трещины после проведения гидроразрыва пласта комплексом методов кросс-дипольного акустического и электрического дивергентного каротажа [9]. Подводя итоги О.Б. Кузьмичев предлагает использовать комплекс методов, исходя из технических условий измерений, а также связку из дивергентного электрического, волнового акустического, гамма-каротажа и нейтронного каротажа на тепловых нейтронах как более оптимальную для исследований в терригенном разрезе с УЭС пласта до 100 Ом·м.

Однако остается открытым вопрос об экономической целесообразности проведения трех промыслово-геофизических методов контроля за разработкой в эксплуатационных скважинах в комплексе. Очевидно, что данная связка методов будет

ТАБЛИЦА 1.

Сводная таблица ЭДК и ИНК [9, 11, 12]

Недостатки и преимущества методов	Метод	
	ЭДК	ИНК
Наличие пресных (с высоким сопротивлением) пластовых вод	Погрешность в определении Кнг	Метод не работает
Радиус исследования по латерали	1–8 метра	25–35 сантиметров
Разрешающая способность по вертикали	1–2 м	0,6 м
Присутствие элементов поглотителей в пластовой воде	Не влияют на показания	Погрешность в определении Кнг
Наличие кривых «сравнения»	Кривые методов электрического каротажа	Как правило отсутствие кривых «сравнения»
Измерения в перфорированных интервалах	Возможно, с погрешностями в интерпретации	Метод не работает
Обработка и интерпретация	Относительно короткий «путь» получения итогового результата	Большее количество промежуточных расчетных факторов между измеряемым параметром и остаточным насыщением

давать максимально информативный результат, но по каким геолого-экономическим факторам должен осуществляться отбор скважин на проведение данного комплекса?

Так для выбора оптимального метода с целью определения коэффициента остаточного нефтегазонасыщения нужно учитывать все недостатки и преимущества методов в сравнении друг с другом (табл. 1). В таком сравнении не принят во внимание экономический фактор, поскольку в работе исследуются методы с позиции физических возможностей получения достоверных данных, (естественнонаучные), а не их экономические параметры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав представленные результаты можно с уверенностью сказать, что оба метода решают поставленные задачи, но каждый имеет «плюсы» и «минусы» при смежных геолого-технических условиях.

Так, например, при недостоверном определении УЭС в изучаемом разрезе, когда в первоначально водонасыщенной части разреза ЭДК регистрирует сопротивление, превышающее сопротивление породы в открытом стволе. Это может быть вызвано влиянием пресного флюида, повышающего сопротивление или миграцией углеводородов в водонасыщенный пласт. Комплементарность результатов ЭДК (УЭС) и ИНК (макроскопическое сечение, среднее время жизни нейтронов) может разрешить эту неопределенность, связанную либо с повышающим проникновением, либо с наличием углеводородов.

При наличии обводнения из-за закачиваемой воды, ЭДК в комплексе с ИНК может уверенней опреде-

лить степень промывки пласта и величину остаточной нефтенасыщенности. В комплексе диаграмм ИНГК-С есть диаграмма хлорсодержания, которая дает ориентировочную информацию о минерализации воды, заполняющей пласт. Кроме того, при ИНГК-С записывают спектры радиоактивных элементов – кривые содержания урана (U), тория (Th), калия (K). Эти данные дают дополнительную информацию о насыщенности пласта и о характере обводнения.

Выше сказанное указывает на необходимость тщательного выбора скважин для такого комплекса по определенным показателям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **АКСЕЛЬБРОД С.М.** Применение электрического каротажа через стальную колонну (по материалам зарубежной литературы) // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2009. Вып. 2 (179). С 132–159.
2. **АЛЬПИН Л.М.** Дивергентный каротаж // Прикладная геофизика. Москва: Изд. Гостоптехиздат. 1962. Вып. 32. С. 192–212.
3. **Аулия К., Поерномо Б., Ричмонд В.К., Викоконо А.Х. и др.** Исследование призабойной зоны // Нефтегазовое обозрение. 2002. Т. 7. Вып. 2. С. 4–31.
4. **Базин В.В., Елисеев А.Е., Петров Д.А. и др.** Пат. 2691920 РФ. Способ и устройство электрического каротажа обсаженных скважин / ООО «ИНТЕХ-Сервис». 2018121484; заявл. 13.06.2018; опубл. 18.06.2019. Бюл. №17. 4 с.
5. **Диева Э.В., Акмолова Е.В., Гаранин А.Б.** Оценка погрешности прогноза состава притока по величине сопротивления пласта, замеренного аппаратурой электрического дивергентного каротажа // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2013.

- Вып. 4 (226). С 70–80.
6. КАУФМАН А.А. Электрическое поле в скважине с обсадной трубой // Геофизика 55. 1990. Вып. 1. С. 29–38.
  7. КАШИК А.С., РЫХЛИНСКИЙ Н.И., КНИЖНЕРМАН Л.А. (ОАО «ЦГЭ»), КРИВОНОСОВ Р.И., СТЕПАНОВ А.С. (ООО НПП ГТ «Геофизика»). К вопросу об электрическом каротаже скважин, обсаженных стальными колоннами, аппаратурой на кабеле // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС.. 2004. Вып. 3–4 (116–117). С. 8–23.
  8. КЛИМОВ Ю.С., РЫХЛИНСКИЙ Н.И., ЛОХМАТОВ В.М., ДРОБКОВ В.П. Скважинные испытания нанозлектрического каротажа скважин через обсадную колонну // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2009. Вып. 6 (183). С. 71–80.
  9. КУЗЬМИЧЕВ О.Б. Возможности промыслово-геофизических методов для мониторинга разработки месторождений углеводородного сырья // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2019. Вып. 6 (300). С. 53–66.
  10. МАУРЕР Х.М., ХУНЗИКЕР ДЖ. Первые результаты полевых испытаний удельного сопротивления через обсадную колонну // Петрофизика 41. 2000 Вып. 3. С. 309–314.
  11. МИРЧИНК М.Ф., КУЗНЕЦОВ О.А., СЕРГЕЕВ Л.А., ЦЛАВ Л.З., ДЕЕВ Н.Н., ШИМЕЛЕВИЧ Ю.С. О некоторых возможностях комплексного изучения скважин импульсными нейтронными и акустическими методами. Доклады АН СССР. 1969. Т. 187, №6. С. 1274–1277.
  12. СИЗОВ Д.А. Выявление зон обводнения продуктивных пластов в результате повторных наблюдений методом электрического дивергентного каротажа (ЭДК) // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2022. Вып. 5 (319). С. 64–77.
  13. СИЗОВ Д.А. Разработка программного комплекса для обработки данных импульсного нейтронного каротажа на преддипломной практике в компании ООО «Помор-ГЕРС». Практика геологов на производстве: сборник трудов III Всерос-ой студ. научно-практической конф. 7 декабря 2018 г. Южный федеральный университет–Ростов-на-Дону–Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2018. 108–110 с.
  14. СИЗОВ Д.А. Электрический дивергентный каротаж как метод контроля за состоянием характера насыщения пластов коллекторов // Молодые – наукам о земле. Мат-лы IX Межд-ой научной конф. молодых ученых. В 7-ми томах. Изд-во: РГГУ им. Серго Орджоникидзе (филиал) (Старый Оскол). 2020. С. 48–51.
  15. СИЗОВ Д.А., ВДОВКИН А.В. Аналитика методов определения остаточного коэффициента нефтегазо-насыщения в обсаженных скважинах // Труды университета (г.Караганда). 2021. № 2 (83). С. 107–113.
  16. Скважинная ядерная геофизика: справочник геофизика / под ред. О.Л. Кузнецова, А. Л. Поляченко. 2-е изд., перераб. и допол. М.: Недра, 1990. 318 с.
- #### REFERENCES
1. AXELROD S.M. The use of electric logging through a steel column (based on foreign literature). *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2009;2 (179):132–159. (In Russian).
  2. ALPIN L.M. Divergent logging. *Applied Geophysics*. Moscow: Ed. Gostoptekhizdat. 1962;32:192–212. (In Russian).
  3. AULIA K., POERNOMO B., RICHMOND V.K., VIKOKSONO A. KH. ET AL. Bottom-hole zone study. *Neftegazovoye obozreniye*. 2002;7 (2):4–31. (In Russian).
  4. BAZIN V.V., ELISEEV A.E., PETROV D.A. ET AL. Pat. 2691920 RF. Method and device for electric logging of cased wells / INTECH-Service LLC. 2018121484; dec. 06.13.2018; publ. 06/18/2019;17:4. (In Russian).
  5. DIEVA E.V., AKMOLOVA E.V., GARANIN A.B. Estimation of Inflow Composition Prediction Error Based on Formation Resistivity Measured by Electrical Divergent Logging Equipment. *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2013;4 (226):70–80. (In Russian).
  6. KAUFMAN A.A. The Electrical Field in a Borehole with a Casing. *Geofizika* 55. 1990;(1): 29–38. (In Russian).
  7. KASHIK A.S., RYKHLINSKY N.I., KNIZHNERMAN L.A. (JSC TsGE), KRIVONOSOV R.I., STEPANOV A.S. (LLC NPP GT Geofizika). On the issue of electrical logging of wells cased with steel columns, wireline equipment. *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2004;3–4 (116–117):8–23. (In Russian).
  8. KLIMOV YU.S., RYKHLINSKY N.I., LOKHMATOV V.M., DROBKOV V.P. Downhole tests of nanoelectric well logging through the casing. *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2009;6 (183):71–80. (In Russian).
  9. KUZMICHEV O.B. Possibilities of field geophysical methods for monitoring the development of hydrocarbon deposits. *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2019; 6 (300):53–66. (In Russian).
  10. MAURER H.M., HUNZIKER J. Early Results of Through Casing Resistivity Field Tests. *Petrofizika* 41. 2000;3: 309–314. (In Russian).
  11. MIRCHINK M.F., KUZNETSOV O.L., SERGEEV L.A., TSLAV L.Z., DEEV N.N., SHIMELEVICH YU.S. On some possibilities of complex study of wells by pulsed neutron and acoustic methods. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*. 1969;187;(6):1274–1277. (In Russian).
  12. SIZOV D.A. Identification of zones of flooding of productive formations as a result of repeated observations by the method of electrical divergent logging (EDL). *NTV «Karotazhnik»*. Tver: Ed. AIS. 2022;5 (319):64– 77. (In Russian).
  13. SIZOV D.A. Development of a software package for

- processing pulsed neutron logging data in undergraduate practice at Pomor-GERS LLC. The practice of geologists in production: a collection of works of the III All-Russian stud. Scientific and Practical Conf. December 7, 2018 Southern Federal University-Rostov-on-Don-Taganrog : SFU Publishing House,, 2018:108–110. (In Russian).
14. **SIZOV D.A.** Electric divergent logging as a method of monitoring the state of the nature of reservoir saturation saturation. Materials of the IX International Scientific Conf. young scientists. In 7 volumes. Publisher: RGGU im. Sergo Ordzhonikidze (branch) (Stary Oskol). 2020:48–51. (In Russian).
  15. **SIZOV D.A., VDOVKIN A.V.** Analysis of methods for determining the residual coefficient of oil and gas saturation in cased wells. Proceedings of the University (Karaganda). 2021;(83):07–113. (In Russian).
  16. Borehole nuclear geophysics: Handbook of Geophysics. edited by O. L. Kuznetsov, A. L. Polyachenko. 2nd ed., reprint. and additional. Moscow: Nedra, 1990:318. (In Russian).

---

**Сизов Денис Андреевич,**  
ассистент кафедры общей и прикладной геофизики Государственного университета «Дубна»

☎ 141982, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская,  
д. 19, корп. 1  
141982, Moscow region, Dubna, Universitetskaya street, 19,  
bldg. 1,  
тел.: +7 (977) 283-92-55, e-mail: lyrs\_77@outlook.com