

Научная статья

Original article

УДК 504



**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ДАННЫХ  
СКВАЖИННОГО КАРОТАЖА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА**

**MODERN METHODS OF DOWNHOLE LOGGING DATA ENRICHMENT FOR  
DETERMINATION OF THE PROPERTIES 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.** В данной статье освещаются передовые методы скважинного каротажа (wireline logging), используемые для изучения и анализа свойств месторождений нефти и газа. Авторы рассматривают различные техники и инструменты, применяемые в процессе скважинного каротажа, включая электрические, акустические, радиоактивные и другие методы. Главный акцент в статье делается на анализе их эффективности в определении ключевых параметров, таких как пористость, проницаемость, насыщенность флюидами и геологическое строение пород. Авторы обсуждают, как эти методы помогают в оптимизации процессов добычи и повышении эффективности разработки месторождений.

**Annotation.** This article highlights the advanced methods of downhole logging (wireline logging) used to study and analyze the properties of oil and gas fields. The authors consider various techniques and tools used in the process of downhole logging, including electrical, acoustic, radioactive and other methods. The main emphasis in the article is on the analysis of their effectiveness in determining key parameters such as porosity, permeability, fluid saturation and geological structure of rocks. The authors discuss how these methods help in optimizing production processes and improving the efficiency of field development.

**Ключевые слова:** Скважинный каротаж, алгоритмы машинного обучения, обогащение данных, гамма каротаж, нейтронный каротаж, пористость.

**Keywords:** Downhole logging, machine learning algorithms, data enrichment, gamma logging, neutron logging, porosity.

## **Введение**

Исследования скважин предоставляют геологам критически важные данные для определения строения и свойств осадочных пород, слагающих месторождение.

Эти данные являются основой для определения перспективности исследуемого месторождения, так как наличие нефтегазоносности не является достаточным основанием для разработки месторождения нефти и газа. Для того, чтобы проект был экономически привлекателен для коммерческой разработки необходимы достаточные запасы месторождения, а также возможность их извлечения (пористость и проницаемость). Именно каротаж скважин позволяет получить эти важнейшие для проекта разработки месторождения данные, которые также включают глинистость пород, литологию, содержание воды, нефти и газа в порах породы. Также данные скважинного каротажа используются при определении такого критически важного параметра для проекта разработки месторождения как определение зон избыточного давления и оценка доли не извлекаемых запасов углеводородов. Свойства коллектора месторождения также определяются в процессе соотнесения низкочастотных детализированных исследований керна с более высокочастотными и более крупными по масштабу данными каротажа скважин. Однако, стоит отметить, что детальные исследования керна становятся доступны геологам не сразу после строительства разведывательных скважин, так как требуют длительного времени и больших затрат ресурсов на проведение таких исследований. По этой причине большую часть информации о свойствах коллектора месторождения на этапе разведки геологи получают именно из данных каротажа скважин [1].

Датчики измерений при исследовании скважин используют различные физические методы для определения той или иной характеристики пласта и могут включать электрические, электромагнитные, акустические, а также устройства нейтронного и гамма-излучения. Датчики фиксируют передаваемые сигналы, которые претерпевают изменения, определенного характера и затухания из-за качества горных пород и условий вблизи скважины. Затем полученные сигналы оцениваются для определения характеристик пласта. Под скважинным каротажом также подразумевается измерения диаметра открытого ствола скважины после

бурения. Такое измерение называют кавернометрией. Кавернометрия также дает геологам и петрофизикам важную информацию о строении месторождения [2].

Важное значение для плана разработки месторождения играют наличие разломов и трещин в месторождении. Их определение в зависимости от масштабов производится посредством тестов давления в скважинах для более крупных разломов и трещин, а также с помощью данных каротажа и методов их визуализации для более мелких структур. В ходе разработки месторождения также используют техники для изолирования высокопроницаемых водонасыщенных пластов, которые могут привести к прорыву воды в скважине и обводнению продукции вплоть до полной остановки работы скважины. Для определения таких зон иногда применяют средства внутрискважинной съемки высокого разрешения [3].

### **Важность определения условий осадконакопления для определения пористости и проницаемости в месторождениях нефти и газа**

Определение условий осадконакопления играет важную роль при разработке плана разработки нефтяных месторождений по нескольким причинам. Условия осадконакопления помогают в понимании геологической истории месторождения, включая процессы, которые привели к формированию нефтеносных слоев. Это включает в себя анализ типов пород, их пористости, проницаемости, и способа распределения нефти и газа в породе. Различные условия осадконакопления приводят к образованию пород с разной пористостью и проницаемостью [4]. Понимание этих характеристик критически важно для определения наилучших методов извлечения углеводородов. Эти свойства пород коллекторов определяют не только наилучшую стратегию разработки месторождения, но и в целом определяют коммерческую привлекательность проекта разработки [5]. Знание условий осадконакопления позволяет лучше прогнозировать распределение углеводородов в месторождении, что важно для планирования мест бурения и оптимизации процесса разработки. В свою очередь эти данные определяют стратегию закачивания скважин, а именно выбор интервалов перфорации. Понимание этих условий также помогает в

оптимизации затрат на разработку месторождений, позволяя выбрать наиболее эффективные методы бурения и добычи, что приводит к снижению общих затрат на проект [6].

### **Насыщенность**

Насыщенность порового пространства тем или иным типом пластовой жидкости определяется как отношение объема жидкости к общему объему порового пространства. Так, например, водонасыщение определяется как отношение объема пластовой воды к общему объему порового пространства пласта коллектора. Насыщение на различной глубине по стволу скважины по основным пластовым средам (вода, нефть и газ) является критически важным параметром при определении стратегии заканчивания скважины. В первую очередь на основании этих данных определяют интервалы для перфорации. Важным правилом, связывающим насыщение в поровом пространстве коллектора по различным пластовым средам, является правило, которое утверждает, что сумма насыщенности по всем средам должна быть равна 100%. Поэтому нефтенасыщенность можно определить путем вычитания водонасыщения [7].

$$S_{\text{нефть и газ}} = 1 - S_{\text{вода}}, \text{ где}$$

S – насыщенность (от англ. Saturation).

### **Заключение**

Для решения проблемы неполноты данных могут быть использованы современные модели машинного обучения, которые позволяют дополнить имеющиеся данные. Такой подход позволяет обогатить данные исследований без существенного увеличения затрат на их проведение.

### **Список литературы**

1. Козырев Н.Д., Кочнев А.А., Менгалиев А.Г. и др. Уточнение геолого-гидродинамической модели сложнопостроенной залежи нефти путем комплексного анализа данных // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 10. С. 164-177.

2. Гимазов А.А., Фокеева Е.Е., Хайруллин Р.У., Миниханов Д.М. Комплексный подход к адаптации и прогнозу параметров вторичной пустотности для нефтяного месторождения имени Р.Требса // Нефтяное хозяйство. 2018. № 10. С. 20-23. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-10-20-23
3. Репина В.А., Галкин В.И., Галкин С.В. Применение комплексного учета петрофизических характеристик при адаптации геолого-гидродинамических моделей (на примере визейской залежи Гондыревского месторождения нефти) // Записки Горного института. 2018. № 231. С. 268-274. DOI: 10.25515/PMI.2018.3.268
4. Козырев Н.Д., Вишняков А.Ю., Путилов И.С. Оценка влияния параметров неопределенности на прогнозирование показателей разработки // Недропользование. 2020. Т. 20. № 4. С. 356-368. DOI: 10.15593/2712-8008/2020.4.5
5. Osho Ilamah. A multiobjective dominance and decomposition algorithm for reservoir model history matching // Petroleum. 2019. Vol. 5. Iss. 4. P. 352-366. DOI: 10.1016/j.petlm.2019.07.004
6. Ching-Hsien Liu, Krishna Nunna, Imroj Syed, King M.J. Evaluation of Upscaling Approaches for the Amellago Carbonate Outcrop Model // SPE Europec featured at 81st EAGE Conference and Exhibition, 3-6 June 2019, London, UK. OnePetro, 2019. SPE-195560-MS. DOI: 10.2118/195560-MS
7. Putilov I.S., Popov N.A., Yuriev A.V., Chizhov D.B. Scale effect on the reservoir permeability and porosity over a wide range of void structure (example of the Tedinskoye oil field) // Arctic Environmental Research. 2019. Vol. 19. Iss. 3. P. 93-98. DOI: 10.3897/issn2541-8416.2019.19.3.93

#### **List of literature**

1. Kozyrev N.D., Kochnev A.A., Mengaliev A.G., etc. Refinement of the geological and hydrodynamic model of a complex oil deposit by complex data analysis // Izvestiya

Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering. 2020. Vol. 331. No. 10. pp. 164-177.

2. Gimazov A.A., Fokeeva E.E., Khairullin R.U., Minikhanov D.M. An integrated approach to adaptation and prediction of secondary voidness parameters for the R.Trebs oil field // Oil economy. 2018. No. 10. pp. 20-23. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-10-20-23
3. Repina V.A., Galkin V.I., Galkin S.V. Application of integrated accounting of petrophysical characteristics in the adaptation of geological and hydrodynamic models (on the example of the Viseyskaya deposit of the Gondyrevskoye oil field) // Notes of the Mining Institute. 2018. No. 231. pp. 268-274. DOI: 10.25515/PMI.2018.3.268
4. Kozyrev N.D., Vishnyakov A.Yu., Putilov I.S. Assessment of the influence of uncertainty parameters on forecasting development indicators // Subsurface use. 2020. Vol. 20. No. 4. pp. 356-368. DOI: 10.15593/2712-8008/2020.4.5
5. Osho Ilama. The algorithm of multicriteria dominance and decomposition for comparing the history of the reservoir model // Petroleum. 2019. Volume 5. Iss. 4. pp. 352-366. DOI: 10.1016/j.petlm.2019.07.004
6. Ching-Hsien Liu, Krishna Nanna, Imroj Syed, King M.J. Evaluation of scaling approaches for the Amellago carbonate outcrop model // SPE Europec, presented at the 81st EAGE Conference and Exhibition, June 3-6, 2019, London, UK. OnePetro, 2019. SPE-195560-MS. DOI: 10.2118/195560-MS
7. Putilov I.S., Popov N.A., Yuryev A.V., Chizhov D.B. The effect of scale on reservoir permeability and porosity in a wide range of void structures (on the example of the Tedinsky oil field) // Environmental studies of the Arctic. 2019. Volume 19. Iss. 3. Pp. 93-98. DOI: 10.3897/issn2541-8416.2019.19.3.93

© 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. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ДАННЫХ СКВАЖИННОГО КАРОТАЖА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА// Международный журнал прикладных наук и технологий Integral №1/2024