

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ



НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и
110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука



ИНГГ
СО РАН

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

14-15 сентября 2021 г., Новосибирск, Россия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А. А. ТРОФИМУКА
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И. М. Губкина
и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука

г. Новосибирск, 14–15 сентября 2021 г.

Новосибирск
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

Н766

Программный комитет конференции

Сопредседатели:

акад. РАН А. Э. Конторович, чл.-корр. РАН В. А. Каширцев

Члены программного комитета:

акад. РАН В. А. Верниковский, чл.-корр. РАН В. Н. Глинских, д-р техн. наук И. Н. Ельцов,
чл.-корр. РАН В. А. Конторович, канд. геол.-минерал. наук П. Н. Мельников,
канд. геол.-минерал. наук Т. М. Парфенова, д-р геол.-минерал. наук А. В. Ступакова,
акад. РАН М. П. Федорук, чл.-корр. РАН Б. Н. Шурыгин, акад. РАН М. И. Эпов

Организационный комитет:

Председатель: д-р техн. наук И. Н. Ельцов

Зам. председателя: канд. геол.-минерал. наук Т. М. Парфенова

Секретарь: канд. геол.-минерал. наук М. А. Фомин

Члены организационного комитета:

д-р геол.-минерал. наук Л. М. Буриштейн, д-р геол.-минерал. наук Д. В. Гражданкин,
канд. геол.-минерал. наук В. Д. Ермиков, чл.-корр. РАН И. Ю. Кулаков, д-р геол.-минерал. наук О. Е. Лепокурова,
д-р геол.-минерал. наук Д. В. Метелкин, д-р геол.-минерал. наук Б. Л. Никитенко,
канд. геол.-минерал. наук М. В. Соловьев, д-р экон. наук И. В. Филимонова

Н766 Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век: Материалы Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых, посв. 150-летию акад. АН СССР И. М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А. А. Трофимука / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. — 276 с.

ISBN 978-5-4437-1248-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых «Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век», посвященной 150-летию академика АН СССР И. М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 14–15 сентября 2021 г.).

Открывает сборник письмо-приветствие президента РАН академика А. М. Сергеева и статья академика А. Э. Конторовича, в которой детально рассмотрен вклад в развитие нефтегазового комплекса Советского Союза и России двух выдающихся геологов-нефтяников XX века, академиков И. М. Губкина и А. А. Трофимука.

В докладах отражены современные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа. Внимание уделено вопросам общей и региональной геологии нефтегазоносных осадочных бассейнов, решению актуальных задач тектоники, седиментологии, литологии, палеогеографии, геохимии, стратиграфии и палеонтологии.

В публикациях обсуждаются новые результаты исследований в области органической геохимии и литологии черносланцевых комплексов, геохимии нефтей, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России и Беларуси. Серия работ посвящена моделированию нефтегазообразования в осадочных отложениях Сибири, методам компьютерного моделирования геологических процессов, оценке ресурсов и выявлению закономерностей размещения месторождений углеводородов.

В сборник включены доклады, направленные на обсуждение проблем экономики и экологии нефтегазовой отрасли. В ряде докладов представлены результаты изучения фильтрационных свойств обогатенных и обедненных органическим веществом пород, геофизических исследований скважин, новые геофизические методы поисков углеводородов.

Материалы конференции представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области наук о Земле.

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, 2021

© Новосибирский государственный
университет, 2021

ISBN 978-5-4437-1248-2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНО-КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СМЕСЕЙ *

А. А. Федосеев, Е. Ю. Темникова, С. И. Грубась, В. Н. Глинских

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

Аннотация. Разработан вычислительный алгоритм и предложен модельный подход к определению минерально-компонентного состава пород баженовской свиты по данным геофизических исследований в скважинах. На основе эффекта частотной дисперсии электрофизических параметров баженовской свиты с применением моделей смесей оценка породообразующих компонентов выполняется по данным высокочастотного электромагнитного каротажа. С использованием метода машинного обучения — искусственных нейронных сетей — разработан и апробирован вычислительный алгоритм для определения вещественного состава. С помощью алгоритмов по каротажным данным построены модели относительного содержания породообразующих компонентов, выделены основные типы пород баженовской свиты и прослежена ее пространственная изменчивость в центральных районах Западной Сибири.

Ключевые слова: баженовская свита, геофизические исследования скважин, высокочастотный электромагнитный каротаж, частотная дисперсия, искусственные нейронные сети

DETERMINATION OF MINERAL-COMPONENT COMPOSITION OF THE BAZHENOV FORMATION BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND ELECTROPHYSICAL MODELS OF MIXTURES

A. Fedoseev, E. Temnikova, S. Grubas, V. Glinskikh

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk

Annotation. A computational algorithm has been developed and a model approach has been proposed to determine the mineral-component composition of the rocks of the Bazhenov Formation according to well-logging data. Based on the effect of the frequency dispersion of the electrophysical parameters of the Bazhenov Formation with the use of mixing formulas, the estimation of rock-forming components is carried out according to the data of high-frequency electromagnetic sounding. Using the method of machine learning that is artificial neural networks, a computational algorithm has been developed and tested to establish the material composition. Using both algorithms and well logging data, models of the relative content of rock-forming components were performed, the main types of rocks of the Bazhenov Formation were identified, and its spatial variability was traced in the central regions of Western Siberia.

© А. А. Федосеев, Е. Ю. Темникова, С. И. Грубась, В. Н. Глинских, 2021

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 19-77-20130. «Фундаментальные основы импульсного электромагнитного зондирования с управляемым спектром: теоретическое обоснование инновационного геофизического метода геологоразведки с использованием высокопроизводительных вычислений на базе Сибирского суперкомпьютерного центра СО РАН».

Key words: Bazhenov Formation, well logging, high-frequency electromagnetic logging, frequency dispersion, artificial neural networks.

На протяжении последних десятилетий большой интерес ученых направлен на всестороннее изучение баженовской свиты в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Она является как основной нефтепроизводящей толщей, так и региональным флюидоупором для углеводородных залежей в отложениях оксфорда верхней юры. Отличительной особенностью баженовской свиты служит высокая степень неоднородности состава [1, 2, 3, 4, 5], обусловленная изменением содержания в разрезе свиты глинистых, кремнистых, карбонатных компонентов, пирита и органического вещества. Актуальность исследования заключается в необходимости развития программно-методического обеспечения для обработки и интерпретации данных геофизических исследований в скважинах (ГИС) в интервалах баженовской свиты с определением ее минерально-компонентного состава пород.

В работе предложен модельный подход к определению породообразующих компонентов баженовской свиты, направленный на расширение применения традиционного способа [6], основанный на эффекте частотной дисперсии электрофизических параметров [7, 8]. С применением этого подхода породообразующие компоненты рассчитываются на основе электрофизических моделей смесей, включая формулы Бирчака для относительной диэлектрической проницаемости (ϵ) и Зильберштейна для удельной электропроводности (σ) [9]. Значения σ и ϵ получены с применением совместной численной инверсии разности фаз и отношения амплитуд по данным высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования (ВЭМКЗ) в диапазоне частот от 0.875 до 14 МГц [10]. Использование электрофизических моделей смесей позволило построить модели относительного содержания породообразующих компонентов баженовской свиты и выделить ее основные типы пород с применением современной классификации [2] для нескольких десятков скважин. В результате выполненной литологической интерпретации данных ВЭМКЗ проанализированы литологические неоднородности баженовской свиты и установлено влияние ее породообразующих компонентов на частотно-зависимые электрофизические параметры.

Другой рассматриваемый в работе способ определения минерально-компонентного состава баженовской свиты по данным ГИС и керна заключается в применении метода машинного обучения — искусственных нейронных сетей (ИНС). На сегодняшний день ИНС находят широкое применение в различных областях науки и техники: распознавание голоса [11], изображений [12], автоматический перевод текстов [13], решения нелинейных дифференциальных уравнений [14]. ИНС могут успешно использоваться и для литологической интерпретации данных ГИС в нефтепромысловой геофизике [15, 16]. При определении минерально-компонентного состава баженовской свиты разработанный алгоритм демонстрирует высокую корреляцию искомым по ГИС параметров с результатами лабораторных литологических и геохимических исследований керна, выполненными в ИНГГ СО РАН [3]. В результате литологической интерпретации данных ГИС и керна на основе ИНС построены объемные модели и литологические колонки для пяти скважин одного месторождения, позволившие составить крупномасштабные карты средних содержаний породообразующих компонентов баженовской свиты.

Список литературы

1. Конторович А. Э. Геология нефти и газа Западной Сибири / А. Э. Конторович, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов, В. С. Сурков, А. А. Трофимук, Ю. Г. Эрвье. М.: Недра, 1975. 680 с.

2. Конторович А.Э. Классификация пород Баженовской свиты / Конторович А.Э., Ян П. А., Замирайлова А. Г., Костырева Е. А., Эдер В.Г. // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 11. С. 2034–2043.
3. Конторович А.Э. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) / Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е. А., Павлова М. А., Родченко А. П., Ян П. А. // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 3. С. 357–371.
4. Занин Ю.Н. Некоторые аспекты формирования баженовской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна / Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. // Литосфера. 2005. № 4. С. 118–135.
5. Немова В.Д. Многоуровневая литологическая типизация пород баженовской свиты / Немова В.Д. // Нефтяное хозяйство. 2019. № 8. С. 13–17.
6. Петерсилье В.И. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ “Тверьгеофизика”, 2003. 130 с.
7. Глинских В.Н. Новый подход к литолого-электрофизической интерпретации данных электромагнитных зондирований в интервалах баженовской свиты / Глинских В.Н., Федосеев А.А. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2019. №. 4. С. 80–88.
8. Temnikova E.Yu. The material composition and dispersion properties of unconventional reservoir according to electromagnetic sounding / Temnikova E.Yu., Fedoseev A.A., Glinskikh V.N. // SEG Technical Program Expanded Abstracts (Houston, Texas, 11–16 October 2020). 2020. С. 1170–1174.
9. Sihvola A. Electromagnetic mixing formulas and applications / Sihvola A. London: The Institution of Electrical Engineers (Electromagnetic Waves Series, v. 47), 1999. 296 p.
10. Эпов М.И. Частотная дисперсия электрофизических характеристик и электрическая анизотропия пород баженовской свиты по данным электрокаротажа / Эпов М.И., Глинских В.Н., Петров А.М., Сухорукова К.В., Федосеев А.А., Нечаев О.В., Никитенко М.Н. // Нефтяное хозяйство. 2019. № 9. С. 62–64.
11. Graves A. Speech recognition with deep recurrent neural networks / Graves A., Mohamed A., Hinton G. // 2013 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing. 2013. P 6645–6649.
12. He K. Deep residual learning for image recognition / He K., Zhang X., Ren S., Sun J. // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. P 770–778.
13. Wu Y. Google’s neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation / Wu Y., Schuster M., Chen Z., Le Q., Norouzi M., Macherey W., Krikun M., Cao Y., Gao Q., Macherey K., Klingner J., Shah A., Johnson M., Liu X., Kaiser L., Gouws S., Kato Y., Kudo T., Kazawa H., Stevens K., Kurian G., Patil N., Wang W., Young C., Smith J., Riesa J., Rudnick A., Vinyals O., Corrado G., Hughes M., Dean J. // arXiv: 1609.08144. 2016.
14. Raissi M. Physics informed deep learning: Data-driven discovery of nonlinear partial differential equations / Raissi, M., Perdikaris, P. Karniadakis, G. // arXiv: 1711.10566. 2017.
15. Lee S., Akhil D. Electrofacies characterization and permeability predictions in carbonate reservoirs: role of multivariate analysis and nonparametric regression / Lee S., Akhil D. // SPE annual technical conference and exhibition. Society of Petroleum Engineers. 1999.
16. Al-Mudhafar W.J. Integrating well log interpretations for lithofacies classification and permeability modeling through advanced machine learning algorithms / Al-Mudhafar W.J. // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2017. Т. 7. №. 4. С. 1023–1033.