

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

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКИ

А. М. Петров^{1,2}, К. Н. Даниловский^{1,2}, К. В. Сухорукова^{1,2}, А. Р. Леоненко¹

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН), г. Новосибирск*

² *Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья
(СНИИГГиМС), г. Новосибирск*

Аннотация. Высокое быстродействие и аппроксимационные возможности искусственных нейронных сетей позволяют разрабатывать принципиально новые алгоритмы для решения широкого круга задач скважинной геофизики. В работе рассматриваются примеры применения алгоритмов на основе технологий машинного обучения для моделирования, обработки и интерпретации данных электрокаротажа нефтяных скважин. Предлагаемые алгоритмы формируют новую интерпретационную базу электрокаротажа, повышая оперативность и достоверность интерпретации данных, измеренных в сложных геоэлектрических условиях.

Ключевые слова: Нефтяные коллекторы, скважинная электрометрия, детальные геоэлектрические модели, машинное обучение, искусственные нейронные сети, сверточные нейронные сети

PRACTICAL APPLICATIONS OF MACHINE LEARNING METHODS IN WELL LOGGING

A. Petrov^{1,2}, K. Danilovskiy^{1,2}, K. Sukhorukova^{1,2}, A. Leonenko¹

¹ *Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of SB RAS
(IPGG SB RAS), Novosibirsk*

² *Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials
(SNIIGGiMS), Novosibirsk*

Annotation. High performance and approximation capabilities of artificial neural networks allow developing principally new algorithms for solving a wide range of well logging tasks. The work considers application examples of machine learning algorithms for modeling, processing and interpreting of oil wells' resistivity logs. The proposed algorithms form a new resistivity logging interpretation base, increasing the efficiency and reliability of complex geoelectric environments logging data interpretation.

Key words: Oil reservoirs, borehole resistivity logging, detailed geoelectric models, machine learning, artificial neural networks, convolutional neural networks

Каротаж нефтяных скважин — основной источник детальной информации о строении нефтепродуктивных горизонтов и вмещающих их пород. Однако непрямой характер измерений и сложные скважинные условия приводят к искажению определяемых свойств отложений

при использовании простых трансформаций измеренных сигналов каротажа в физические характеристики горных пород.

Особенно остро эта проблема стоит при определении электрофизических свойств прискважинного пространства. Интегральный характер отклика породы на возбуждаемое каротажным прибором поле приводит к тому, что на сигнал прибора напротив целевого пласта оказывают влияние скважина, заполненная буровым раствором, перекрывающие отложения, фильтрация в пласт раствора и другие особенности среды и условий измерений [1]. Неполный учет этого влияния приводит к ошибкам в определении коэффициента нефтенасыщенности целевых пластов, затратам на испытания заведомо водонасыщенных интервалов и пропуску потенциально перспективных коллекторов.

В последнее десятилетие широкое распространение получают подходы к обработке и интерпретации геофизических данных, основанные на методах машинного обучения [2-3]. В работе рассматриваются примеры применения алгоритмов на основе технологий машинного обучения для моделирования, обработки и интерпретации данных электрокаротажа нефтяных скважин.

На примере решения прямых задач бокового каротажного зондирования (БКЗ), фокусированного бокового (БК) и низкочастотного индукционного (ИК) каротажей в детальных моделях анизотропного прискважинного пространства демонстрируются возможности исследования целевых объектов, для описания которых требуется усложнение базовой интерпретационной модели среды. Разработанные алгоритмы характеризуются качественно более высоким уровнем быстродействия при незначительной потере в точности расчета сигналов по сравнению с алгоритмами на основе современных численных методов.

На примерах обработки практических сигналов высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования (ВИКИЗ) и трансформации данных БКЗ в псевдоизмерения БК демонстрируются возможности продвинутой экспресс-обработки скважинных измерений. Разработанный алгоритм учета влияния вмещающих пород на сигналы ВИКИЗ позволяет без существенных временных затрат и расчленения разреза на отдельные пласты позволять редуцировать модель среды от двумерной до набора одномерных. Алгоритм трансформации данных БКЗ в псевдоизмерения БК упрощает анализ кондиционности архивных данных и их увязку по глубине.

На примере экспресс-инверсии практических данных БКЗ в параметры детальной двумерной анизотропной геоэлектрической модели среды демонстрируются возможности решения некорректных обратных задач без привлечения инструментария прямого моделирования. Разработанный алгоритм выгодно отличается от классической итерационной инверсии быстродействием и отсутствием необходимости создания стартового приближения геоэлектрической модели среды.

Предлагаемые алгоритмы формируют новую интерпретационную базу электрокаротажа в сложных геоэлектрических условиях. Их применение позволяет значительно повысить оперативность и достоверность интерпретации электрокаротажных данных. Дальнейшее направление развития исследований может быть связано с переходом к большим размерностям моделей среды, автоматизацией обработки данных, а также комплексированием различных методов ГИС.

Список литературы

1. Comparison of the Russian and Western Resistivity Logs in Typical Western Siberian Reservoir Environments: A Numerical Study / M. I. Eпов, K. V. Sukhorukova, O. V. Nechaev, A. M. Petrov,

M. Rabinovich, H. Weston, E. Tyurin, G.L. Wang, A. Abubakar, Claverie M. // *Petrophysics*. 2020. № 1(61). P. 38–71.

2. Логинов, Г.Н. Автоматическое выделение геоэлектрических границ по данным бокового каротажного зондирования с помощью глубокой сверточной нейронной сети / Г.Н. Логинов, А.М. Петров // *Геология и геофизика*. 2019. Т. 60. № 11. С. 1650–1657.

3. Danilovskiy K. Automatic Geoelectric Boundaries Detection on the Resistivity Images Based on 3D Numerical Simulation and Convolutional Neural Network [Электронный ресурс] / K. Danilovskiy, G. Loginov, O. Nechaev // *The 9th Saint Petersburg International Conference and Exhibition (Saint Petersburg, Russia, November 16–19, 2020): extended abstracts*. Saint Petersburg, 2020. Document ID: Paper 15.