



December 31, 2021

N.N. Nevedrova  
Scientific Secretary  
Dissertational Council 24.1.087.02 (D 003.068.03)  
Academician Koptyug ave.3,  
Novosibirsk, Russia 630090

**BP America Inc**  
501 Westlake Park Boulevard  
Houston, TX 77079-2682  
USA

**Advisory opinion on the Marina Nikitenko's doctoral thesis abstract  
"Operational modeling and interpretation used in the modern well-logging technologies"**

The doctoral thesis by M. Nikitenko describes important developments in the forward modeling, processing, inversion and interpretation of the modern multi-array, multi-component, and multi-frequency electro-magnetic (EM) well-logging instruments. Accurate petrophysical characterization of new hydrocarbon deposits often requires use of more sophisticated geo-electrical models which include electrical anisotropy and / or frequency dispersion of the formation dielectric constant and conductivity. Logging while drilling geonavigation applications in highly deviated / horizontal wells creates additional challenges for the use of the modern EM well-logging data. Creating an adequate tool kit for the modern well-logging EM instruments which includes fast, and accurate forward modeling algorithms for wide range of geo-electric parameters; sensitivity and uncertainty analysis; and reliable processing and inversion software becomes a necessity for practical application of the modern EM instruments. It is also a very ambitious, challenging and never-ending task.

This work includes three main objectives which, in my opinion, are both scientifically novel and challenging and very important in practical applications of EM logging instruments for accurate formation evaluation and geosteering:

- Develop mathematical algorithms and operational software for calculating EM signals excited by toroidal coils on a metal mandrel and by conventional induction coils in complex geo-electrical models including anisotropic layered Earth, with a frequency dispersion of the formation conductivity and the dielectric constant, and accounting for a tool eccentricity. This software was used to justify and optimize configurations for the new tools for measuring electrical anisotropy and dielectric properties.
- Prove the applicability of the high-frequency induction measurements (HFIM) in the geonavigation applications while drilling high angle / horizontal (HAHZ) wells as well as the efficiency of a combination of HFIM and electrical sounding for studying formation electrical anisotropy and dielectric properties by using the developed algorithms for forward modeling, joint inversion and sensitivity analysis on simulated and real data.
- Create new algorithms for the inversion and data compression of the transient measurements as well as for the joint interpretation of multiple measurements for determining electrical anisotropy in the invaded zone.

In addition to these three scientifically and technically challenging objectives, which in my opinion, are fully achieved in this work, I want to highlight two very strong points of M. Nikitenko thesis:

- A novel theory of sensitivity analysis is presented in Chapter 3. This theory, which includes the issue of parameters' non-linearity, is an excellent approach for calculating uncertainties in output parameters determined in various inversion-based processing techniques for EM well-logging data. This algorithm has been already implemented in Baker Hughes MCWD interpretation software for geosteering applications and its results proved to be very useful when delivered to clients. In my opinion, the calculation of uncertainties is a critical step in any interpretation, in particular, in geosteering applications and in the processing of modern multi-component, multi-frequency, and multi-array EM measurements when advanced parameters such as electrical anisotropy or / and dielectric dispersion

are involved. Unfortunately, service providers, both in Russia and in the West, are rarely doing that, so I hope that M. Nikitenko's work will advance this issue and the calculation of uncertainties would become a standard practice.

- Throughout the entire thesis M. Nikitenko displays great knowledge of the technical and scientific work that has been done in Russia and in the West in the areas that she is discussing and contributing to. It includes both EM logging hardware and software topics, as well as mathematical algorithms for forward modeling and inversion. M. Nikitenko also feels comfortable developing joint and sequential inversion for the combination of the Western array induction (HDIL) and multi-component (3DeX) tools. This deep knowledge of the modern Russian and Western well-logging technologies confirms high qualification of M. Nikitenko, and it also could be quite useful for addressing the issue of replacing the Western EM logging technologies with the Russian ones.

I should mention a couple shortcomings of this work (or I can also say "future work"):

a. In Chapter 2 M. Nikitenko presents and discusses the justification of the new toroidal anisotropy detection and very high frequency dielectric tools. It would be useful to compare these tools with the existing Western tools such as AFR (Halliburton) and MicroScope (Schlumberger) toroidal tools and modern dielectric tools such as ADeX (Baker Hughes) and Dielectric Scanner (Schlumberger) and discuss how their shortcomings (such as shallow DOI and eccentricity effect for the toroidal tools and borehole effect and very shallow DOI for the dielectric tools) are taken care of in the new tools.

b. I praised the sensitivity and uncertainty analysis algorithm developed by M. Nikitenko, but I didn't see uncertainty calculations in any of the theoretical and practical examples presented in the thesis which, in my opinion, is a missed opportunity to show the value of this algorithm.

To summarize: the doctoral thesis by M. Nikitenko is an excellent scientific and technical work with a long-reaching practical outcome and without any doubts the author deserves to be awarded with the Doctor of Science degree.

Sincere regards,

Michael Rabinovich, Ph. D.  
New Well Delivery  
Subsurface Technology  
BP America, Inc  
Phone: +1 832-787-0583  
Cell: +1 713-360-9139  
Email: [Michael.Rabinovich@bp.com](mailto:Michael.Rabinovich@bp.com)

I agree with including of my personal data in the documents related to the work of Dissertation Council, use of it and its transfer according with the requirements Of the Russia Ministry of Education and Science.

БиПи Америка Инк.  
501, бульвар Уэстлейк Парк  
Хьюстон, Техас, 77079-2682, США

31 декабря 2021 г.

Н.Н. Неведровой,

ученому секретарю диссертационного совета 24.1.087.02 (D 003.068.03)

пр. Ак. Коптюга, 3, г. Новосибирск 630090, Российская Федерация

**Отзыв на автореферат диссертации Никитенко Марины Николаевны  
«Оперативное моделирование и интерпретация в современных технологиях  
электромагнитного каротажа»**

В докторской диссертации М. Никитенко представлены важные достижения в прямом моделировании, обработке, инверсии и интерпретации современных многозондовых, многокомпонентных и многочастотных электромагнитных (ЭМ) каротажных приборов. Точная петрофизическая характеристика новых месторождений углеводородов часто требует использования более сложных геоэлектрических моделей, которые включают электрическую анизотропию и/или частотную дисперсию диэлектрической проницаемости пласта и проводимости. Задачи геонавигации при каротаже скважин в процессе бурения в сильно наклонных/горизонтальных скважинах создают дополнительные трудности при использовании современных ЭМ данных ГИС. Создание должного инструментария для современных приборов ЭМ каротажа, который включает в себя быстрые и точные алгоритмы прямого моделирования для широкого диапазона геоэлектрических параметров, анализ чувствительности и неопределенности, надежное программное обеспечение для обработки и инверсии становится необходимостью для практического применения современных ЭМ приборов. Эта задача из разряда перспективных, очень сложных, процесс решения которых может быть бесконечным.

Данная работа включает в себя три основные задачи, которые, на мой взгляд, являются одновременно новыми и сложными с научной точки зрения и очень важными при практическом применении приборов ЭМ каротажа для точной оценки параметров пласта и геонавигации:

- Разработать математические алгоритмы и оперативное программное обеспечение для расчета ЭМ сигналов, возбуждаемых тороидальными катушками на металлической основе зонда и обычными индукционными катушками в сложных геоэлектрических моделях, включающих анизотропию тонкослоистой среды, частотную дисперсию проводимости и диэлектрической проницаемости пласта и с учетом эксцентриситета прибора. Это программное обеспечение использовалось для обоснования и оптимизации конфигураций новых инструментов для измерения электрической анизотропии и диэлектрических свойств.
- Обосновать эффективность применения высокочастотного индукционного каротажа (HFIM) для решения задач геонавигации при бурении наклонных/горизонтальных (НАНЗ) скважин и комплекса высокочастотных электромагнитных и электрических каротажных зондирований для изучения анизотропии и частотной дисперсии электрофизических параметров с использованием разработанных алгоритмов и

программ численного моделирования, инверсии и анализа чувствительности на синтетических и реальных данных.

- Создать новые алгоритмы инверсии и сжатия данных измерений методом переходных процессов, а также совместной интерпретации комплекса измерений для определения электрической анизотропии в зоне проникновения.

В дополнение к этим трем научно и технически сложным задачам, которые, на мой взгляд, полностью решены в данной работе, я хочу подчеркнуть следующие сильные стороны диссертации М. Никитенко:

- Новая теория анализа чувствительности, включающая проблему нелинейности параметров представлена в Главе 3. Данная теория является превосходным подходом к решению проблемы расчета неопределенностей в параметрах модели, определенных в различных инверсионных методах обработки данных ЭМ каротажа скважин. Этот алгоритм уже был реализован в программе интерпретации MCWD компании Baker Hughes для задач геонавигации, и его результаты оказались очень полезными по оценкам клиентов компании. На мой взгляд, вычисление неопределенностей является критическим этапом в любой интерпретации, в частности, в задачах геонавигации и при обработке современных многокомпонентных, многочастотных и многозондовых ЭМ измерений, когда учитываются такие параметры, как электрическая анизотропия или/и диэлектрическая дисперсия. К сожалению, поставщики геофизических услуг, как в России, так и за рубежом редко занимаются этой проблемой, поэтому я надеюсь, что работа М. Никитенко выдвигает этот вопрос на передний план, и расчет неопределенностей станет стандартной практикой.
- На протяжении всей диссертации М. Никитенко демонстрирует прекрасное знание технических и научных российских и зарубежных работ, которые она анализирует и приумножает их ценность своим вкладом. Он включает в себя как аппаратное, так и программное обеспечение ЭМ каротажа, а также математические алгоритмы для прямого моделирования и инверсии. М. Никитенко показала свою уверенность в разработке совместной и последовательной инверсии для комбинации зарубежных приборов индукционного каротажа (HDIL) и многокомпонентных измерений (3DeX). Такое глубокое знание современных российских и зарубежных технологий ГИС подтверждает высокую квалификацию М. Никитенко, а также может быть весьма полезным для решения вопроса о замене зарубежных ЭМ технологий на российские.

Следует упомянуть о двух недостатках этой работы (которые я также могу назвать и «заделом для будущей работы»):

- а. В Главе 2 М. Никитенко представляет аргументированное обоснование тороидальных установок для обнаружения анизотропии и высокочастотного диэлектрического зонда. Было бы полезно сравнить эти инструменты с существующими зарубежными приборами, такими как тороидальные инструменты AFR (Halliburton) и MicroScope (Schlumberger), и современными диэлектрическими инструментами, такими как ADeX (Baker Hughes) и Dielectric Scanner (Schlumberger), и обсудить способы преодоления их недостатков (такие как небольшая глубина исследования и эффект эксцентриситета для тороидальных инструментов, а также влияние скважины и очень малая глубина исследования для диэлектрических инструментов) в новых инструментах.

б. Я счёл очень похвальным разработанный М. Никитенко алгоритм анализа чувствительности и неопределенности, но не увидел расчетов неопределенностей ни в одном из теоретических и практических примеров, представленных в автореферате диссертации, что, на мой взгляд, является упущенной возможностью для более полной демонстрации ценности этого алгоритма.

Подводя итог: докторская диссертация М. Никитенко является прекрасным научно-техническим трудом с очень перспективными практическими результатами и, вне всяких сомнений, автор достоин присуждения ученой степени доктора наук.

С наилучшими пожеланиями,

Михаил Рабинович, Ph. D.  
Новые технологии бурения скважин  
БиПи Америка Инк.  
Тел.: +1 832-787-0583  
Сотовый: +1 713-360-9139  
e-mail: Michael.Rabinovich@bp.com

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их использование и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки России.

Перевод заверяю:

(Н.Н. Мжельская, вед. переводчик ИНГГ СО РАН)