

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

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО КАРОТАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ: ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЗОНД С ТОРОИДАЛЬНЫМИ КАТУШКАМИ

М. И. Эпов<sup>1</sup>, В. Н. Глинских<sup>1</sup>, И. В. Михайлов<sup>1</sup>, М. Н. Никитенко<sup>1</sup>, И. В. Суродина<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН  
(ИВМиМГ СО РАН), г. Новосибирск*

**Аннотация.** Исследование направлено на создание нового электрокаротажного оборудования для изучения тонкослоистых электрически анизотропных нефтегазовых коллекторов. Рассмотренный скважинный зонд представлен совокупностью тороидальных катушек на металлическом немагнитном корпусе. Выполнен полный цикл научно-технических работ: теоретическое обоснование, разработка компьютерной системы обработки и инверсии, создание скважинной аппаратуры, физические эксперименты и успешные опытно-промышленные испытания

**Ключевые слова:** Тороидальная катушка, электрокаротаж, тонкослоистый коллектор, электрическая анизотропия, численное моделирование, инверсия данных, количественная интерпретация, физический эксперимент, опытно-промышленные испытания

## SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF NEW LOGGING EQUIPMENT: ELECTROMAGNETIC TOOL WITH TOROIDAL COILS

M. I. Epov<sup>1</sup>, V. N. Glinskikh<sup>1</sup>, I. V. Mikhaylov<sup>1</sup>, M. N. Nikitenko<sup>1</sup>, I. V. Surodina<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> *Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS  
(ICM&MG SB RAS), Novosibirsk*

**Annotation.** The research is aimed at creating new resistivity logging equipment for the study of thin-layered electrically anisotropic oil-and-gas reservoirs. The considered borehole tool is represented by a set of toroidal coils on a metal non-magnetic housing. A full cycle of scientific-technical work has been completed: theoretical justification, development of a computer processing and inversion system, creation of borehole equipment, physical experiments and successful pilot tests

**Key words:** Toroidal coil, resistivity logging, thin-layered reservoir, resistivity anisotropy, numerical simulation, data inversion, quantitative interpretation, physical experiment, pilot testing

Электрически анизотропные коллекторы, представленные чередованием тонких песчано-алевролитоглинистых прослоев, представляют значительную трудность для традиционных электрокаротажных методов. Вследствие этого, изучение таких объектов проводится

с привлечением многокомпонентных индукционных систем [1], доступных на российских месторождениях лишь в виде дорогостоящих услуг зарубежных нефтесервисных компаний. Альтернативный подход, основанный на применении тороидальных генераторных и приемных катушек на металлическом немагнитном корпусе, воплощен специалистами ИНГГ СО РАН и НПП ГА «Луч» в электромагнитном многокатушечном многочастотном мультимодальном каротажном зонде ЗЭТ [1].

Посредством специализированных программно-алгоритмических средств, осуществлено математическое обоснование оптимальной конфигурации ЗЭТ в слоисто-однородных геоэлектрических моделях разной степени сложности на основе широкомасштабного численного моделирования электромагнитных сигналов [2]. С использованием конечно-разностного моделирования для реалистичного описания зондовой системы, разработаны и программно реализованы алгоритмы обработки и инверсии данных ЗЭТ с определением коэффициента электрической анизотропии [3], а также подходы к петрофизической интерпретации [4]. Созданы макеты и опытный образец ЗЭТ, испытанные в электролитическом баке и природных водоемах. Сопоставлены результаты численного и физического моделирования сигналов ЗЭТ. Опытный образец и его основные узлы протестированы на лабораторных стендах, имитирующих реальные скважинные условия.

Успешно проведены полевые испытания ЗЭТ в вертикальных нефтегазовых скважинах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [4]. С привлечением практических данных электрокаротажа, показана возможность исследования тонкослоистых коллекторов Приобского нефтяного месторождения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [5].

Разработан комплекс алгоритмов трехмерного конечно-разностного моделирования сигналов ЗЭТ [6], выполнена серия численных экспериментов для оценки возможности изучения разрезов наклонно-горизонтальных скважин и для проведения уникальных физических экспериментов в искусственных тонкослоистых макроанизотропных моделях геологических сред на базе электролитического бака.

Запланированы заключительные опытно-промышленные испытания ЗЭТ в терригенных коллекторах с различными геологическими особенностями для уточнения подходов к петрофизической интерпретации.

### Список литературы

1. Михайлов И. В. Применение тороидальных катушек в задачах каротажа нефтегазовых скважин (аналитический обзор) / И. В. Михайлов, В. Н. Глинских, М. Н. Никитенко // Геофизические исследования. 2021. Т. 22. № 1. С. 5–24.
2. Эпов М. И. Математическое обоснование нового электромагнитного зонда с тороидальными катушками для высокоразрешающего каротажа нефтегазовых скважин / М. И. Эпов, М. Н. Никитенко, В. Н. Глинских // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2018. Т. 16. № 1. С. 113–129.
3. Эпов М. И. Алгоритмы обработки и инверсии данных электромагнитного зонда с тороидальными катушками при изучении макроанизотропных свойств пластов-коллекторов / М. И. Эпов, И. В. Михайлов, В. Н. Глинских, М. Н. Никитенко, И. В. Суродина // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 6. С. 187–197.
4. Эпов М. И. Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа: от теоретического обоснования до скважинных испытаний / М. И. Эпов, В. Н. Глинских, В. Н. Еремин, И. В. Михайлов, М. Н. Никитенко, С. В. Осипов, А. Н. Петров, И. В. Суродина, В. М. Яценко // Нефтяное хозяйство. 2018. № 11. С. 23–27.

5. Михайлов И. В. Изучение тонкослоистых коллекторов с применением тороидальных источников и приемников (на примере Приобского нефтяного месторождения) [Электронный ресурс] / И. В. Михайлов, Д. В. Велесов, В. Н. Глинских // Геофизические технологии: электрон. науч. журнал. 2020. № 1. С. 16–27. Режим доступа: <https://www.rjgt.ru/jour/article/view/88>.

6. Суродина И. В. Математическое моделирование сигналов тороидального источника в трехмерных изотропных моделях геологических сред / И. В. Суродина, И. В. Михайлов, В. Н. Глинских // Естественные и технические науки. 2020. № 12. С. 131–134.