

**Есипко О.А., Неронова И.В., Шаров Н.В.**

**Геофизические исследования Онежской  
параметрической скважины**

**Москва  
Издательство Нобель Пресс**

УДК 55  
ББК 26.3  
Е83

E83      **Есипко О.А., Неронова И.В., Шаров Н.В.**  
Геофизические исследования Онежской параметрической скважины / Есипко О.А., Неронова И.В., Шаров Н.В. – М.: Lennex Corp, — Подготовка макета: Издательство Нобель Пресс, 2014. – 62 с.

**ISBN 978-5-519-01779-4**

В коллективной монографии обобщены результаты интерпретации данных геофизических исследований в Онежской параметрической скважине. Более широко представлены результаты комплексной интерпретации данных геофизических исследований, как в самой скважине, так и в околоскважинном пространстве.

Полученные данные представляют интерес для широкого круга специалистов (геофизиков, геологов), занимающихся изучением глубинного строения докембрийской литосферы.

**ISBN 978-5-519-01779-4**

© Издательство Нобель Пресс, 2014  
© Есипко О.А., Неронова И.В., Шаров Н.В., 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И ВЫПОЛНЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА.....	14
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СКВАЖИНЫ.....	27
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛЕНОСНОЙ ТОЛЩИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА.....	39
ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ И СВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА С ЗОНАМИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ПОРОДАХ АРХЕЯ.....	43
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ.....	46
ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ СЕВЕРО-ОНЕЖСКОГО СИНЛИНОРИЯ.....	52
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА ОПС И ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА.....	61
ЛИТЕРАТУРА.....	63



## ВВЕДЕНИЕ

Онежская параметрическая скважина (ОПС) глубиной 3537 м пробурена в юго-восточной части Балтийского щита на границе с Восточно-Европейской платформой (рис. 1).

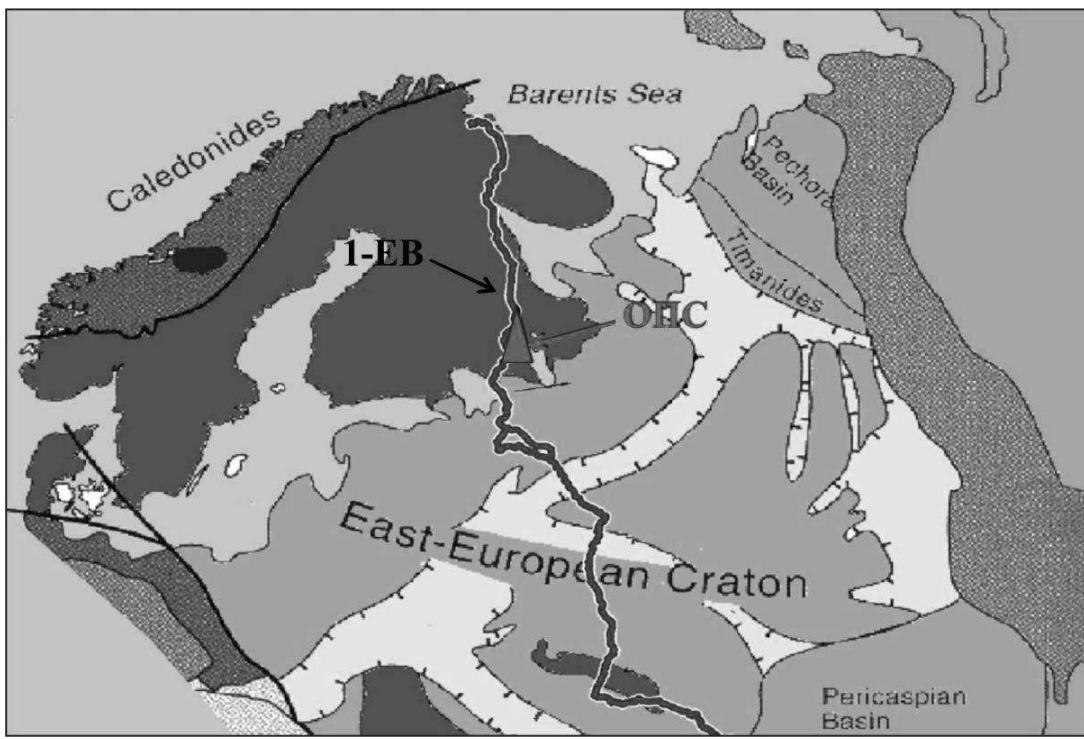


Рис. 1

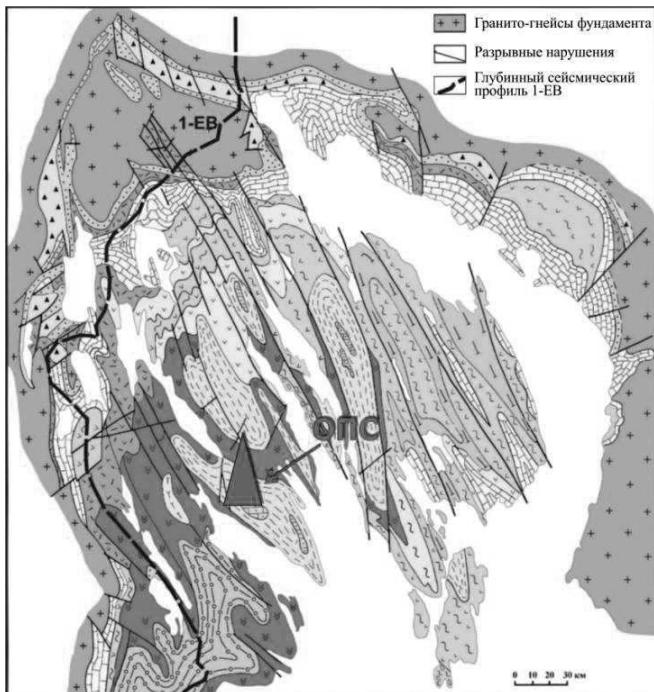


Рис. 2

В 90 км западнее от нее проходит региональный трапверс 1-ЕВ. ОПС расположена в западной части Онежского прогиба (структуры), который представляет собой мульду, ограниченную гранито-гнейсовым фундаментом (рис. 2). Географически ОПС расположена восточнее поселка Кондопога в 40 км севернее города Петрозаводска (Республика Карелия).

Онежская палеопротерозойская структура (ОС) является уникальной для Фенноскандинавского щита. Она активно развивалась в интервале 2.5 — 1.7 млрд лет геологической истории. Её территория, площадью 40 тыс. км<sup>2</sup>, расположенная на юго-востоке Карелии и в прилегающих районах Ленинградской и Вологодской областей, хорошо изучена благодаря относительной сравнительной доступности и обнаженности пород по берегам Онежского озера. ОС рассматривается в качестве одного из важных мировых эталонов палеопротерозойского этапа истории Земли.

Бурение Онежской параметрической скважины осуществлено ОАО «НПЦ «Недра» в 2007-2009 годах. Вскрыт непрерывный разрез нижнего докембria, включающий граниты архейского фундамента и главные стратоны палеопротерозоя, представленные ятулийским, людиковийским и калевийским надгоризонтами [1]. С отбором керна пройдено 1758 м. В процессе бурения изучался керн, а также выполнена комплексная интерпретация материалов геофизических исследований (ГИС). В интервале 2751-2944 м была вскрыта толща каменной соли палеопротерозойского возраста [2], что является уникальным событием для мировой геологической науки, требующим дальнейшего изучения и осмысливания как с позиций ее генезиса, так и площадного распространения. Международная программа ЕС (ICDP) рассмотрела проект бурения скважины, параллельной ОПС с полным отбором керна для характеристики двух глобальных событий, зафиксированных в палеопротерозойских породах ОС: ломагунди-ятулийской изотопной аномалии карбонатного углерода и феномена «Шуньга».

Выполненный комплекс геофизических исследований в скважине в комплексе с другими видами исследований позволил охарактеризовать вскрытый скважиной разрез, охватывающий временной диапазон до 2.7 миллиарда лет [3].

Выполненные комплексные геолого-геофизические исследования позволили построить схему глубинного строения, которая дает представление о разломно-блоковой тектонике региона на разных уровнях литосферы и может служить структурной основой при прогнозировании месторождений полезных ископаемых и планировании поисковых работ на V, U, Au, Ti, Cr, Pt [2, 4].

Онежская параметрическая скважина впервые вскрыла непрерывный протяженностью 3.5 км разрез Онежской структуры от архейского фундамента до калевийского надгоризонта палеопротерозоя включительно. Результаты бурения подтвердили существовавшие представления о последовательности, границах и составе главных стратонов палеопротерозоя региона. Получены новые, неизвестные ранее данные, в частности, впервые для докембрия встречена мощная толща соленосных отложений. Важным результатом явилось и то, что впервые для этого разреза были проведены геофизические исследования скважины широким комплексом методов. Получены физические параметры пород в условиях их естественного залегания, необходимые

для повышения достоверности интерпретации сейсмических данных и построения моделей глубинного строения региона.

Однако накопленный фактический материал требует дальнейшей обработки и анализа с целью детализации и уточнения уже полученных результатов.

В монографии более широко представлены результаты комплексной интерпретации данных геофизических исследований как в самой скважине, так и в ее околоскважинном пространстве. Впервые даны результаты детального расчленения соленосной толщи по данным ГИС, а также данные об изменении температуры по разрезу скважины и результаты их обработки в комплексе с другими исследованиями.

# УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И ВЫПОЛНЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Геофизические исследования в Онежской параметрической скважине выполнены силами ОАО НПЦ «Недра» в соответствии с проектом и «Технической инструкцией по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах» РД 153-39.0-072-01.

## *Условия проведения ГИС*

В 2007-2009 годах геофизические исследования проведены при забоях: 303 м (интервал 9-303 м), 540 м (интервал 298-540 м), 964 м (интервал 298-964 м), 1710 м (интервал 900-1710 м), 2070 м (интервал 1650-2070 м), 2523 м (интервал 2050-2523 м), 3024 м (интервал 2450-3020 м). При достижении проектной глубины 3500 м выполнен заключительный комплекс ГИС. Исследования проводились в открытом стволе диаметром 394 мм до глубины 303 м и 216 мм в интервале 303-3500 м, заполненном технической водой или глинистым раствором.

Технические условия проведения ГИС представлены в таблице 1.

Таблица 1

Номер каротажа	Условия проведения ГИС									
	Дата проведения каротажа	Забой, м	Диаметр долота, мм	Диаметр колонны, мм	Башмак колонны, м	Тип ПЖ	Удельный вес ПЖ, г/см <sup>3</sup>	Вязкость ПЖ, сек	Водоотдача ПЖ, см <sup>3</sup> /30'	УЭС ПЖ, Ом·м
1	25.10.2007	303	394	426	9	глинистый	1.14	50	8	1.3
2	04.11.2007	540	216	324	298.6	глинистый	1.08	30	8	1.8
3	16-18.12.2007	964	216	324	298.6	тех. вода	1.0	—	—	11.0
4	06-08.03.2008	1710	216	324	298.6	тех. вода	1.0	—	—	0.6-0.2
5	18-20.04.2008	2070	216	324	298.6	тех. вода	1.0	—	—	0.7
6	24-27.06.2008	2523	216	245	512	тех. вода	1.0	—	—	0.6
7-8	27.07.2008-21.08.2008	3022	216	245	512	тех. вода	1.0	—	—	0.05
9	11-12.12.2008	3500	216	245	512	соленая вода	1.26	16	—	0.05-0.06
9-1	09-12.01.2009	3500	216	245	512	соленая вода	1.26	16	—	0.05-0.06

Использовавшаяся скважинная геофизическая аппаратура представлена в таблице 2.

Таблица 2

Аппаратура	Метод ГИС	Шифр кривых	Зонд
1	2	3	4
RADB №8	Кавернометрия-профилеметрия-радиусометрия	CALI, C1, C2, RAD1, RAD2, RAD3, RAD4	—
EK-73Р	Стандартный каротаж, БКЗ, БК, ПС, резистивиметрия	GZ1, GZ2, GZ3, GZ4, GZ5, GZ6, PZ, LL3, PS, RB	A0.4M0.1N A1.0M0.1N A2.0M0.5N A4.0M0.5N A8.0M1.0N N0.5M2.0A N11M0.5A
IKZ 2M № 26	ИК	RT	4-х зондовая модификация
MK-BMK-120 № 1	БМК, МК	RMLL, RMI, RMN, MCAL	
2GGKP № 11	ГГК-П	RHOB	
SGK 1024 ТР № 106	СГК	THOR, URAN, POTA, SGK, CGK,	
GK-NGK № 1	ГК, НГК	GR, NGR	
SRK 89 № 3	ННК-Т, ННК-НТ	RFTN, RNTN, RFEN, RNEN	
MI 6404M № 1	КМВ, КМП	Z, H, SUS	
AK 73PM №1	АК(Т), АК(А), АКЦ, ФКД, ВК	DTCO, DTSH, SACO, SASH	П <sub>2</sub> 0.4П <sub>1</sub> 1.0И <sub>1</sub> 0.4И <sub>2</sub>
«Magistr» TM-73V № 43	Термометрия	TEMP	
ION № 210108	Инклинометрия	DEVI, AZIM	

При измерениях использовалось следующее оборудование: каротажная станция «КАРАТ-ССП» № 2041, подъемник ПКС-5 № 01, регистратор «КАРАТ». Тип кабеля КГ-3-180, длина кабеля 6000 м.

### ***Выполненный комплекс ГИС***

Выполненные объемы ГИС представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3

<b>Каротаж 1 забой 303 м дата каротажа 25.10.2007</b>	Температура в скважине составляет 14.3°C на глубине 303 м. Угол отклонения скважины от вертикали 1.15 °.
Интервал	Комплекс ГИС
0-303 м	Стандартный каротаж (2 зонда), ГК, НГК, СГК, ПС, БК, АК, инклинометрия, кавернометрия-профилеметрия, термометрия

<b>Каротаж 2 забой 540 м дата каротажа 04.11.2007</b>	Температура в скважине составляет 10.8°C на глубине 540 м. Угол отклонения скважины от вертикали 3.45 °, направление искривления скважины юго-юго-западное. Диаметр ствола скважины номинальный.
Интервал	Комплекс ГИС
298-540	Стандартный каротаж (2 зонда), ГК, НГК, ННК-Т, ННК-НТ, СГК, ГГК-П, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, ИК, АК, инклинометрия, кавернometрия-профилеметрия
0-540	Термометрия
0-299	АКЦ
<b>Каротаж 3 забой 964 м дата каротажа 16-18.12.2007</b>	Температура в скважине составляет 11.7 °C на глубине 964 м. Угол отклонения ствола от вертикали 4.45 °, направление искривления скважины юго-юго-западное. Диаметр ствола номинальный, в интервалах развития трещиноватости увеличен до 230 мм.
Интервал	Комплекс ГИС
480-964 м	Стандартный каротаж (2 зонда), ГК, НГК, ННК-Т, ННК-НТ, СГК, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, ИК, АКШ, инклинометрия.
0-964 м	Термометрия
298.6-964 м	ГГК-П, КМВ, КМП (Н, Z), кавернometрия-профилеметрия.
<b>Каротаж 4 забой 1710 м дата каротажа 06-08.03.2008</b>	Температура 18.5 °C на глубине 1710 м Угол отклонения ствола от вертикали 7.1° Направление искривления скважины ЮЗ Диаметр ствола номинальный, в интервалах развития локальных каверн увеличен до 250 мм
Интервал	Комплекс ГИС
900-1710 м	Стандартный каротаж (2 зонда), резистивиметрия, ГК, НГК, ННК-Т, ННК-НТ, СГК, ГГК-П, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, МК, ИК, КМВ, КМП, АКШ, инклинометрия
0-1710 м	Термометрия
298.6-1710 м	Кавернometрия-профилеметрия
<b>Каротаж 5 забой 2070 м дата каротажа 18-20.04.2008</b>	Температура 18.8 °C на глубине 1830 м Угол отклонения ствола от вертикали на забое 12° Направление искривления скважины ЮЗ Диаметр ствола номинальный или близкий к номинальному, в интервале 1770-1800 м локальные каверны до 400-550 мм
Интервал	Комплекс ГИС
1650-2070 м	Стандартный каротаж (2 зонда), резистивиметрия, ГК, НГК, ННК-Т, ННК-НТ, СГК, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, МК, ИК, КМВ, КМП, АКШ, инклинометрия
890-2070 м	ГГК-П
0-1830 м	Термометрия
298.6-2070 м	Кавернometрия-профилеметрия
<b>Каротаж 6 забой 2523 м дата каротажа 24-27.06.2008</b>	Температура 27.4 °C на глубине 2523 м Угол отклонения ствола от вертикали на забое 5.5° Направление искривления скважины ЮЗ Диаметр ствола номинальный или близкий к номинальному, в интервале 2119-2245 м развитие локальных каверн глубиной до 400 мм

Интервал	Комплекс ГИС
2050-2523 м	Стандартный каротаж (2 зонда), резистивиметрия, ГК, НГК, ГГК-П, ННК-Т, ННК-НТ, СГК, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, ИК, АКШ, инклинометрия, термометрия.
298.6-2523 м	Кавернometрия-профилеметрия.
<b>Каротажи 7-8* забои 2831 м и 3024 м даты каротажа 27.07 и 21.08.2008</b>	Температура 29.7 °C на глубине 2948 м Угол отклонения ствола от вертикали на забое 4.45° Направление искривления скважины южное Диаметр ствола в верхней части разреза до кровли соляной толщи на глубине 2751 м номинальный или близок к номинальному, в интервале 2751-2792 м диаметр скважины размыт до 700 мм
Интервал	Комплекс ГИС
2450-2940 м	Стандартный каротаж (2 зонда), резистивиметрия
2450-2745 м	ГК, НГК, ГГК-П, ННК-Т, ННК-НТ
2450-2940 м	ИК, СГК, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия
2450-3020 м	АКШ
2450-2772 м	Инклинометрия
2450-2948 м	Термометрия
494-2792 м	Кавернometрия-профилеметрия
<b>Каротажи 9, 9-1 забой 3500 м даты каротажей 11-12.12.08 г., 09-12.01.2009 г.</b>	Температура в скважине составила 36°C на глубине 3500 м. Угол отклонения ствола от вертикали 3°, направление искривления скважины ЮЗ. Диаметр ствола в интервале 2750-2944 м, представленном солями и засоленными породами, осложнен кавернами круглой формы диаметром до 700 мм. В интервалах 2944-3070 м, 3158-3182 м, 3283-3320 м сечение ствола круглой формы, диаметр сечения номинальный, на остальных участках сечение имеет форму эллипса с соотношением по осям 1.2-1.5.
Интервал	Комплекс ГИС
2700-3500 м	Стандартный каротаж (2 зонда), резистивиметрия, ГК, НГК, ННК-Т, ННК-НТ, ГГК-П, ПС, БК, БМК, микрокавернometрия, АКШ, инклинометрия.
0-3500 м	Термометрия
512-3500 м	Кавернometрия, профилеметрия, КМВ, КМП
2436-3500 м	ИК
2937-3500 м	СГК

\*Из-за значительного осложнения ствола скважины — наличия каверн в пластах каменной соли до глубины 700 мм, геофизические исследования проводились в два этапа: 27 июля 2008 года при забое 2831 м и 20 августа 2008 года при забое 3024 м. По решению геологической службы, во избежание аварии в интервалах соляных пластов, проведение радиоактивных методов с источниками ионизирующего излучения было разрешено до глубины 2745 м. Замер СГК с подвешенным грузом выполнен до глубины 2947 м.

### *Приемка и оценка качества материалов ГИС*

Контроль за качеством материалов ГИС осуществлялся в несколько этапов.

В соответствии с РД 153-39.0-072-01 первичный контроль получаемых данных проводился непосредственно на скважине оператором. Если при первичном редактировании устанавливались сбои и недостатки регистрации,

снижающие качество первичных данных какого-либо метода, то исследования этим методом выполнялись повторно.

Вторичный контроль качества осуществлялся при приемке интерпретационной службой геофизического предприятия, выполнившего каротажные работы, первичных материалов от каротажных партий (отрядов). Целью вторичного контроля являлась оценка полноты выполнения заявленного комплекса исследований и возможности использования результатов измерений для качественной и количественной интерпретации.

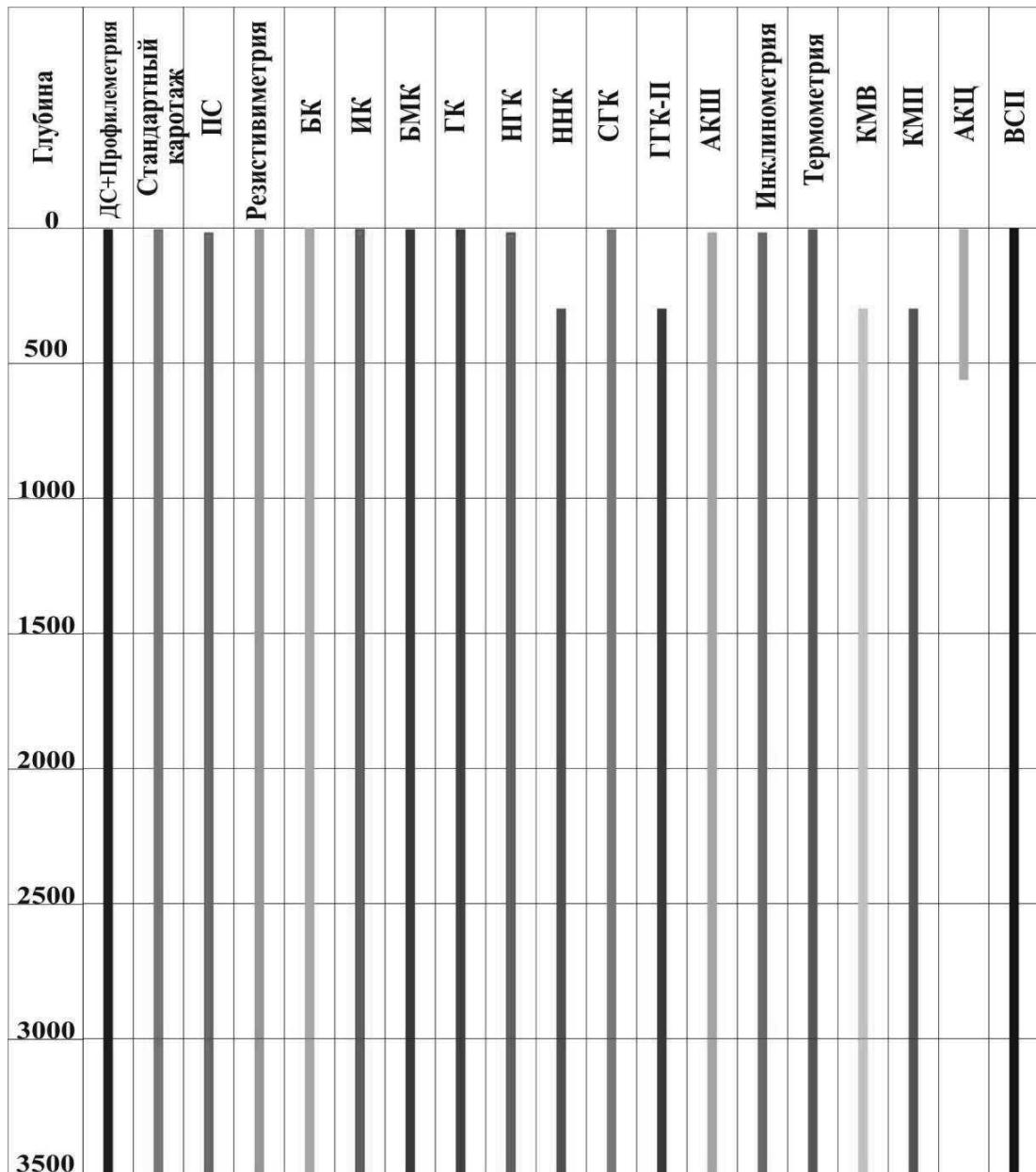


Рис. 3. Выполненный комплекс ГИС

Окончательный контроль качества материалов осуществляется во время их комплексной геологической интерпретации в специализированных партиях или группах путем сопоставления исходных кривых разных методов