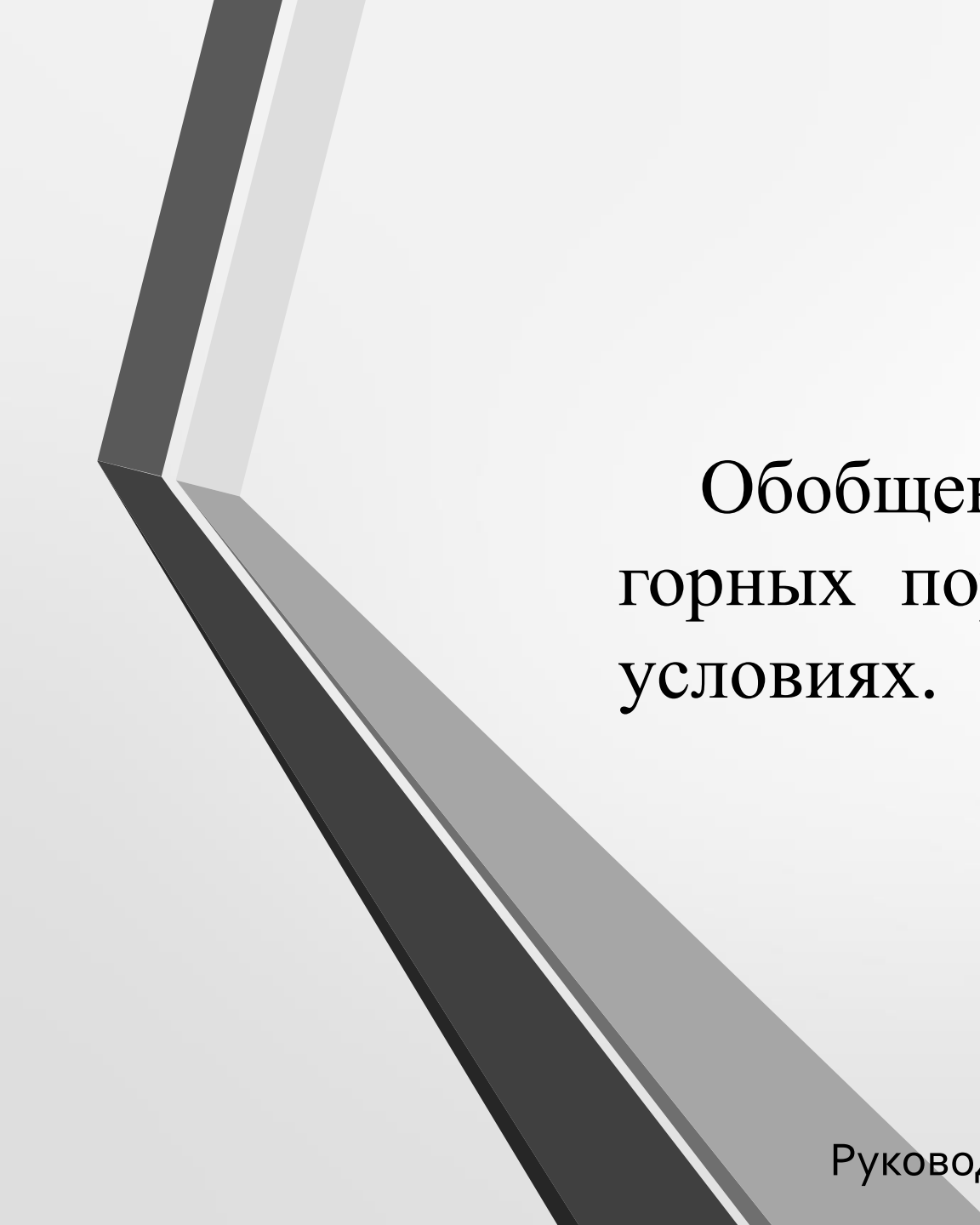




Обобщение поляризационных свойств горных пород, измеренных в лабораторных условиях.

Выполнил: аспирант кафедры ПГГиГИС: Бухалов С.В.

Руководитель: Доцент кафедры ПГГиГИС, к.т.н. Давыденко Ю.А.

Цель работы

- Разработка и апробация лабораторной установки для измерения поляризационных свойств горных пород на рудных и не рудных объектах с установкой взаимосвязи параметров геоэлектрического разреза и петрофизических параметров среды с помощью импульсной электроразведки.

Задачи исследования

- Разработать методику измерений поляризационных свойств горных пород
- Создать аппаратный комплекс (лабораторную установку) по измерению образцов горных пород с помощью технологии ЭМЗВП.
- Провести тестирование с помощью измерений образцов горных пород с помощью созданного комплекса и измерения на площади с применяемой в комплексе технологией.

Проектировка и разработка комплекса измерений параметров поляризации образцов горных пород.

Профессором В. А. Комаровым в 1980 в своей книге «Электроразведка методом вызванной поляризации» были рассмотрены принципы измерения ВП горных пород с вкрапленностью электропроводных минералов[2].

Проведя ряд испытаний было установлено множество закономерностей присущих ВП процессам в горных породах:

- 1.Породы с разной УЭС могут обладать различной поляризуемостью
- 2.Изменения температуры мало влияют на изменение поляризуемости
- 3.Изменение временных характеристик относительно величины разности потенциалов и электропроводности среды достаточно мало

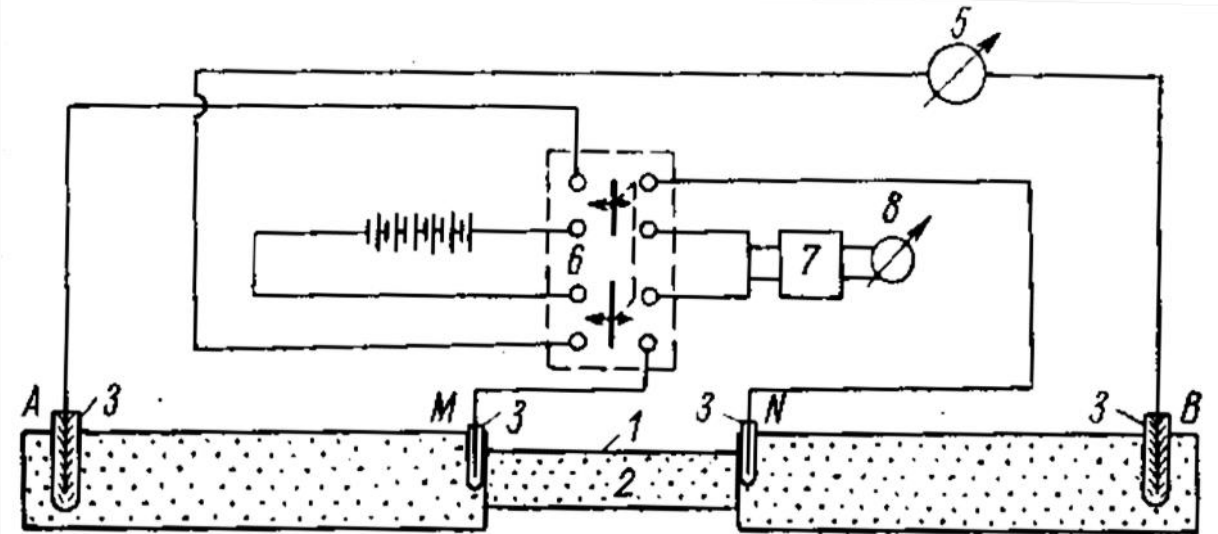
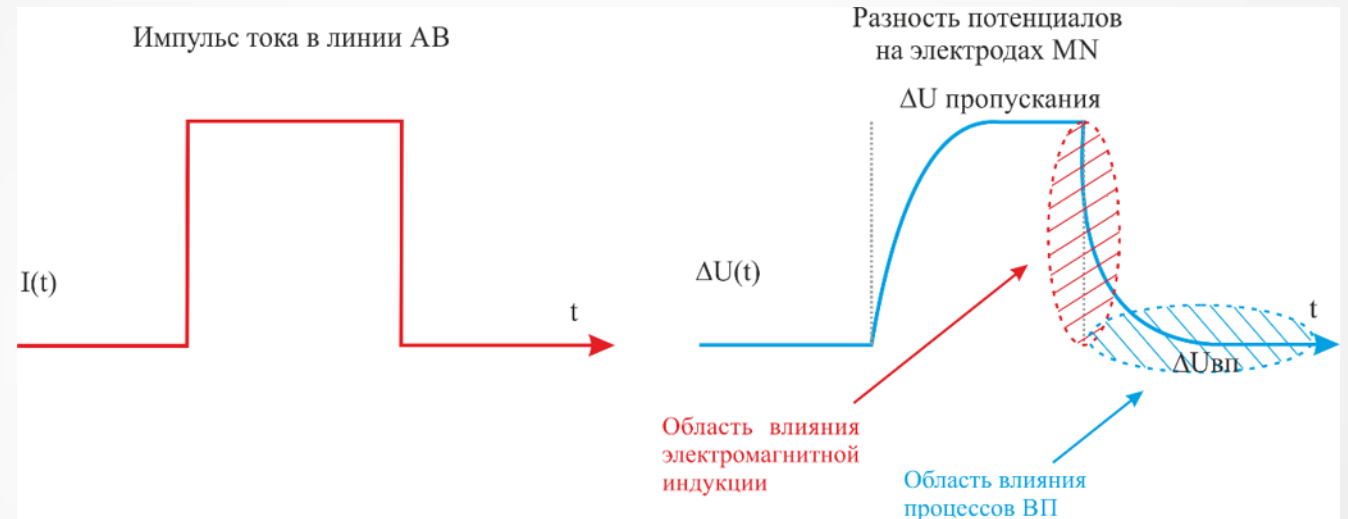


Схема лабораторной установки для изучения ВП(Комаров)

Где: 1. – Стеклянная трубка; 2. – Исследуемый образец; 3. – Неполаризующиеся медный электрод; 4. – Каломельный электрод; 5. – Микроамперметр; 6. – Пакетный переключатель; 7. – усилитель постоянного тока; 8. – Гальванометр осциллографа.

Метод электромагнитных зондирований и вызванной поляризации

- Метод электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗ-ВП) – метод импульсной электроразведки, использующий полную форму переходного процесса, что позволяет перейти от использования кажущихся параметров (ρ_k и η_k) к полноценному решению задач одномерной или трехмерной инверсии с учетом частотной дисперсии электропроводности для становления поля горизонтального электрического диполя.
- При исследовании объектов при большой близости генераторной и приёмной линии, область индукции не учитывается.

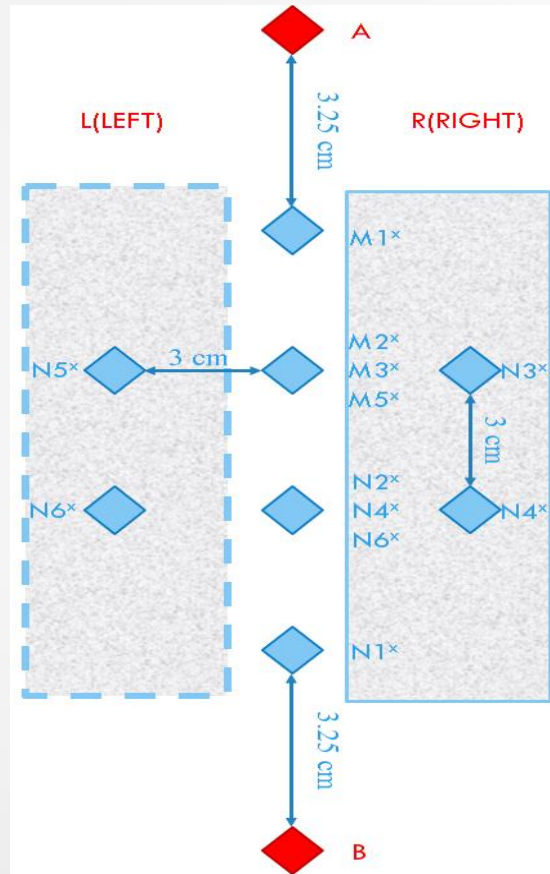


Форма импульса тока в генераторном диполе АВ и разность потенциалов, возникающая на приёмной линии MN

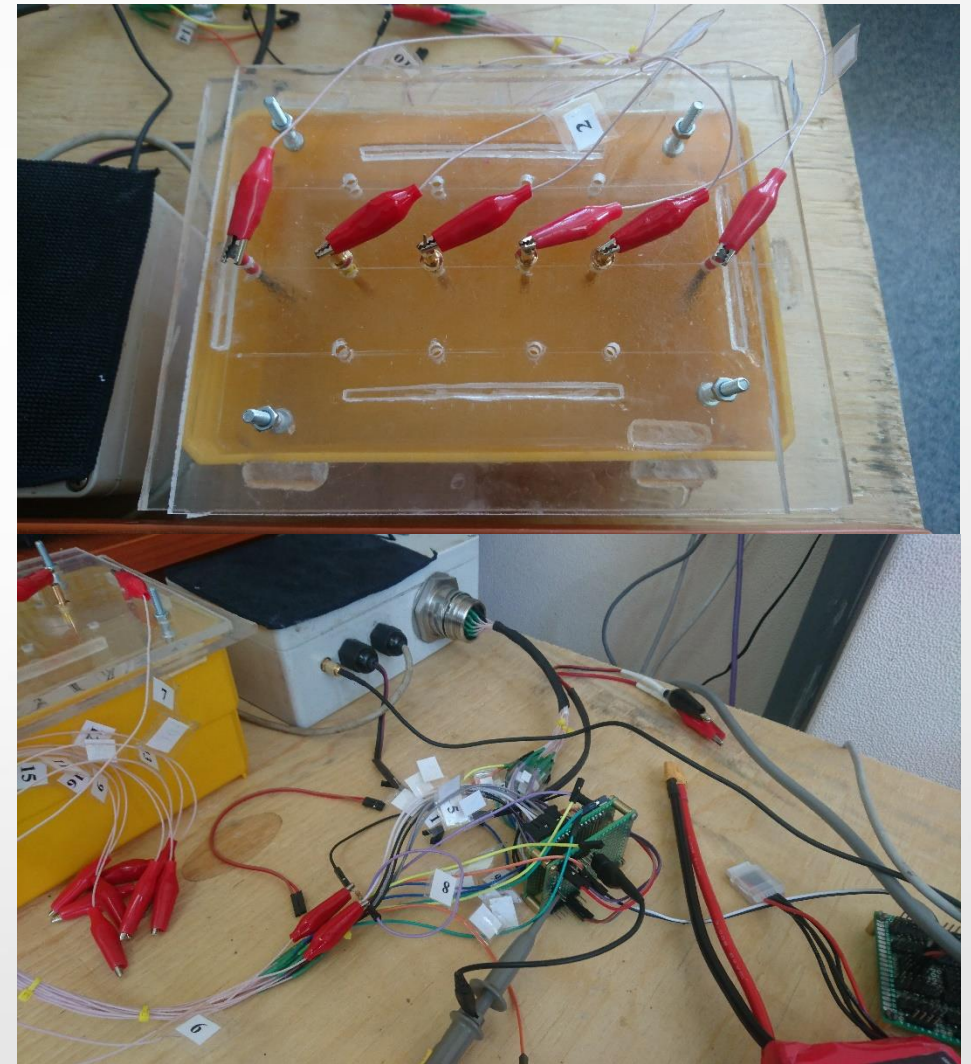
Идея ЭМЗ-ВП заключается в максимально полном использовании информации от переходных процессов, возбуждаемых прямоугольными разнополярными импульсами, которые применяются в традиционных методах постоянного тока. Данный способ измерения и обработки данных переходных процессов, полученных от заземленного источника тока многоэлектродной заземленной приемной линией с целью одновременного определения кажущегося удельного сопротивления среды, индукционной составляющей и эффектов вызванной поляризации геоэлектрического разреза с использованием робастного регрессионного анализа в сочетании с инверсией в рамках модели поляризующейся среды.

Конструкция

- Для решения задач проектировки измерительной ячейки были поставлены следующие условия:
 - В основе измерения и интерпретации использовать АПЭК «Марс»;
 - Использование не поляризуемых электродов;
 - Использовать строго закреплённую геометрию при измерении любых образцов;
 - Использовать проводящую среду куда будут помещаться измеряемые объекты;
 - Фиксированные размеры измеряемых объектов по ширине и высоте;
 - Создать мобильную измерительную ячейку.

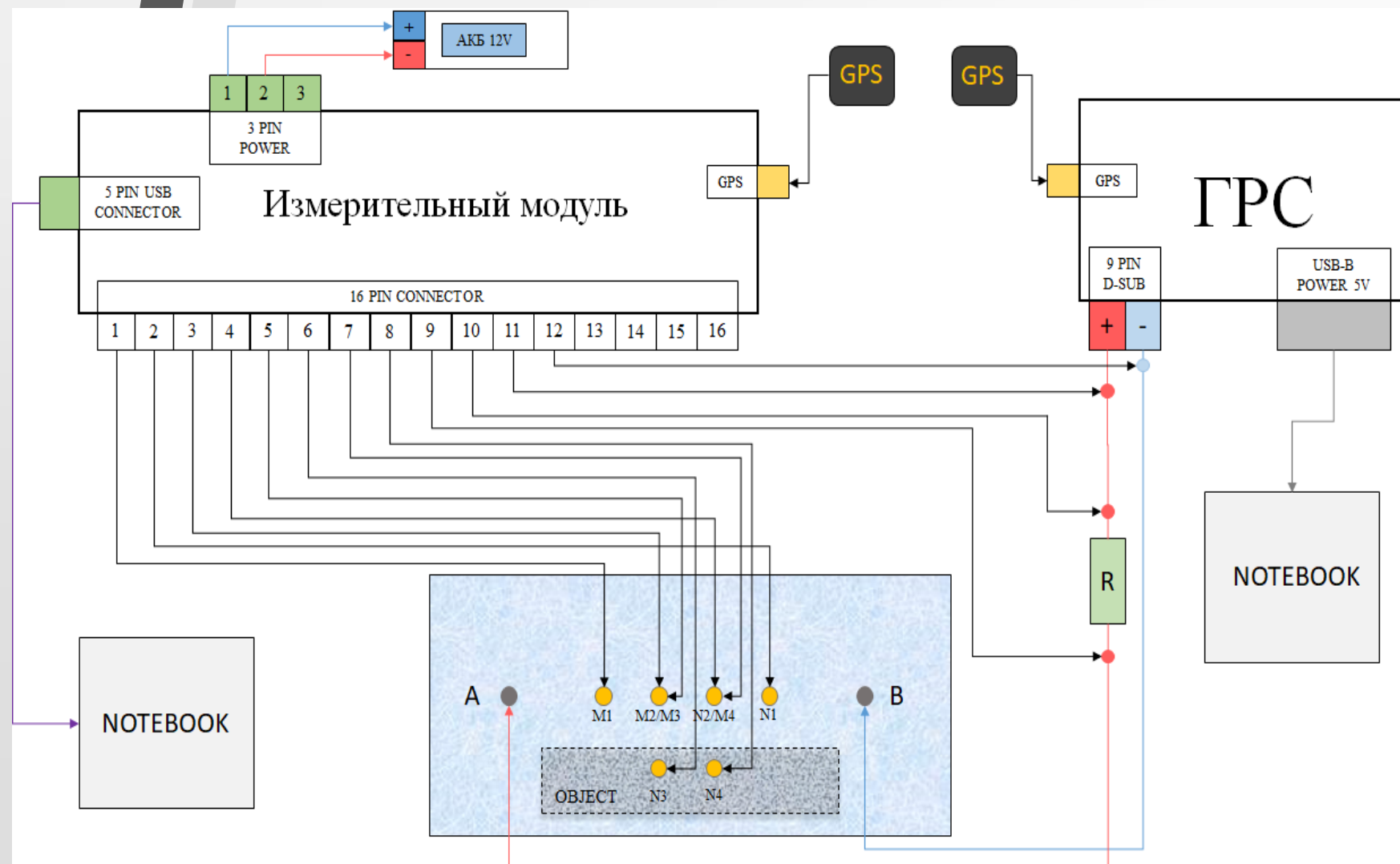


Геометрия расположения приёмных и питающих электродов. Для возбуждения в среде разнополярных импульсов используются



Измерительный комплекс

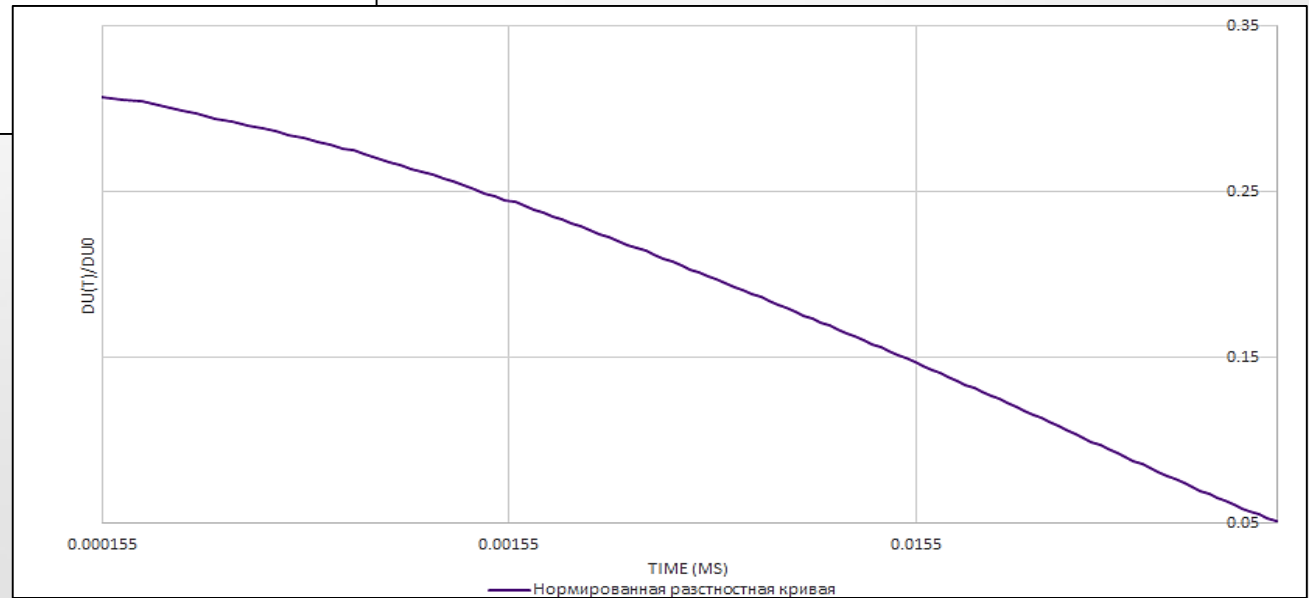
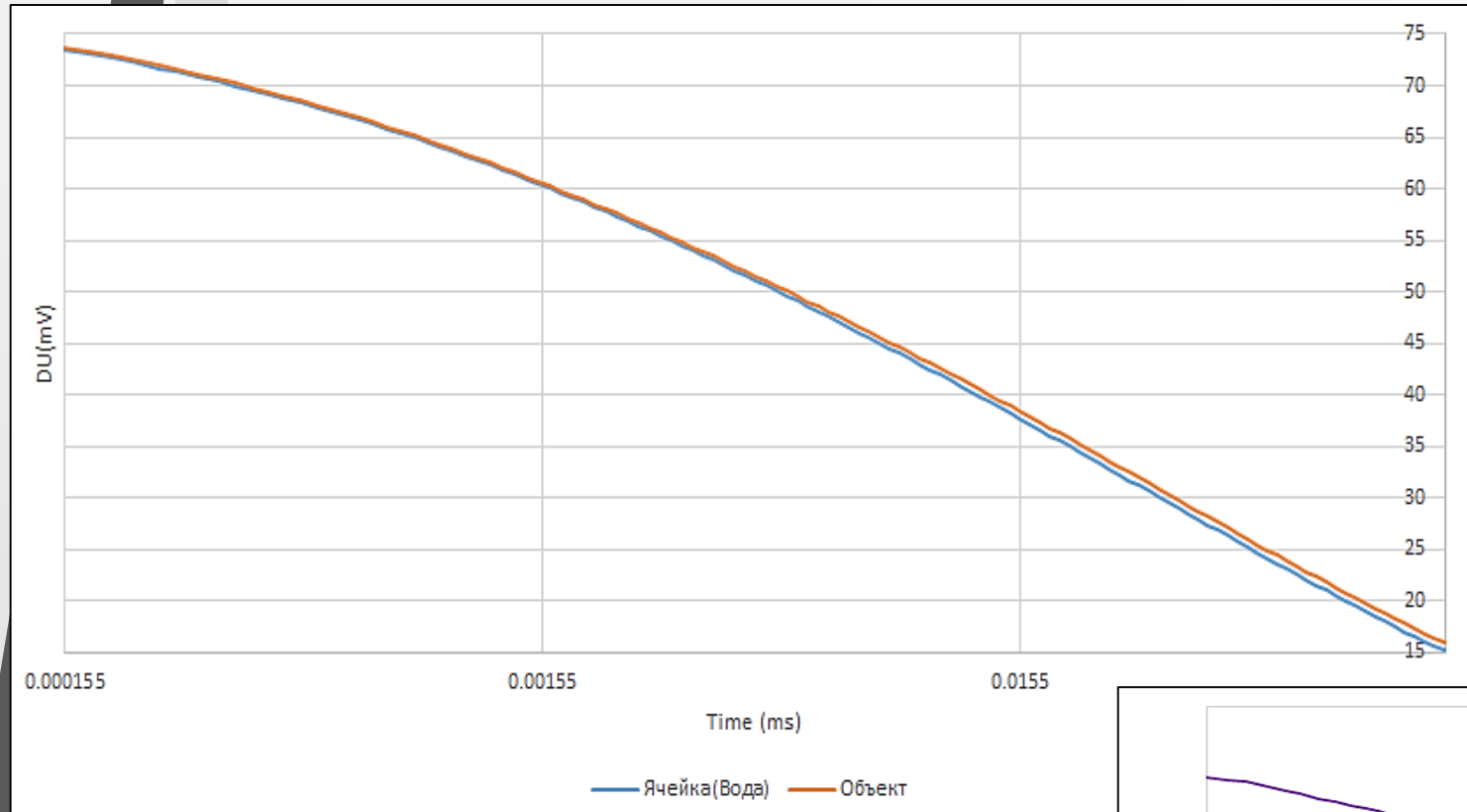
Схема коммутации



Где:

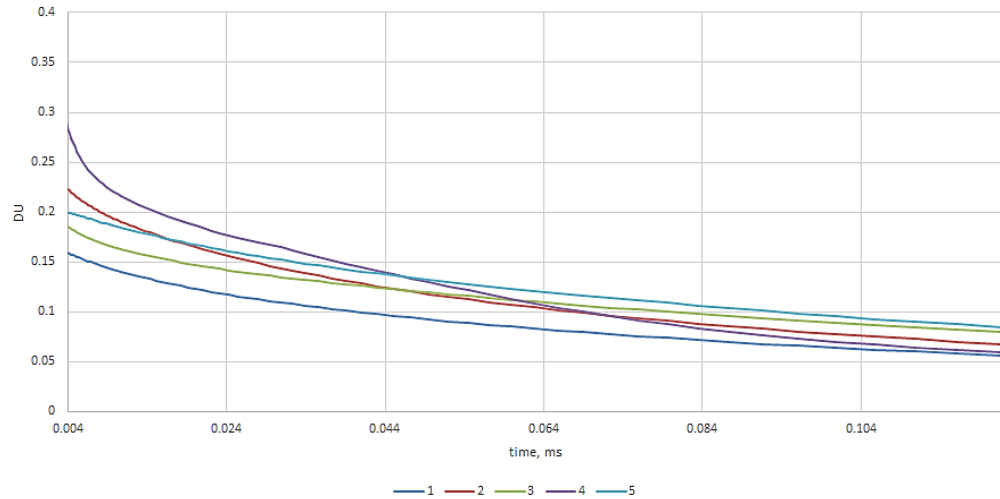
- АКБ 12V – аккумулятор 12 вольт;
- GPS(чёрный) – приёмник-антенна GPS;
- 3 PIN POWER – 3-контактный разъём питания;
- GPS(жёлтый) – SMA-разъём для подключения GPS-антенны;
- 5 PIN USB CONNECTOR – 5-контактный разъём для подключения к компьютеру по USB;
- Измерительный модуль – регистрирует данные с помощью аналогово-цифрового преобразователя;
- ГРС – генератор разнополярного сигнала;
- 16 PIN CONNECTOR – 16-контактный разъём для подключения измерительного кабеля (косы);
- 9 PIN D-SUB – 9-контактный разъём для подачи разнополярного импульса;
- USB-B POWER 5V – разъем USB-B для настройки и питания генератора;
- NOTEBOOK – ноутбук с программой сбора или программой настройки генератора;
- R – Резистор с номиналом не меньше 100 Ом.
- A, B – Питающий неполяризуемый свинцовый электрод;
- M1, M2, N1, N2 – Позолоченные приёмные серебряные электроды.

Расчёт данных

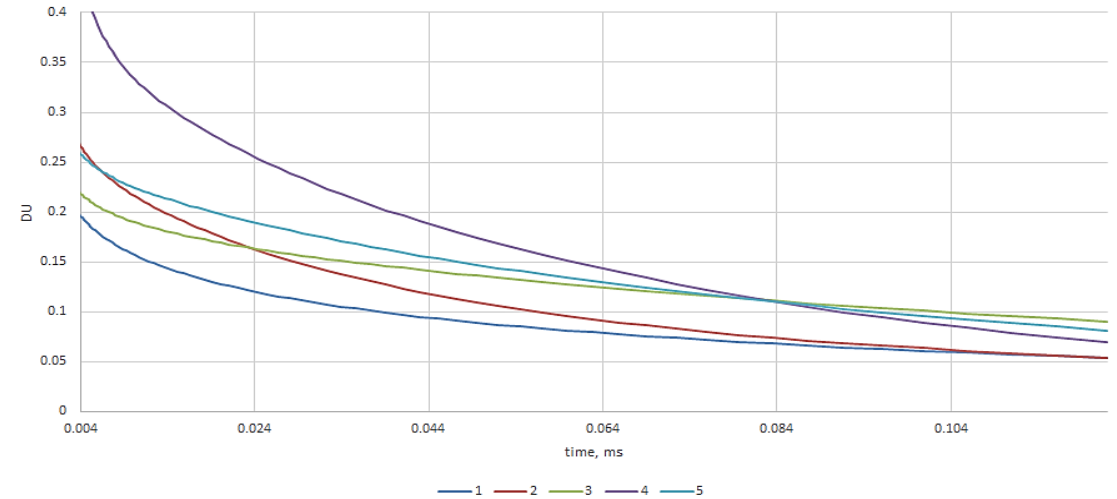


Тестирование системы

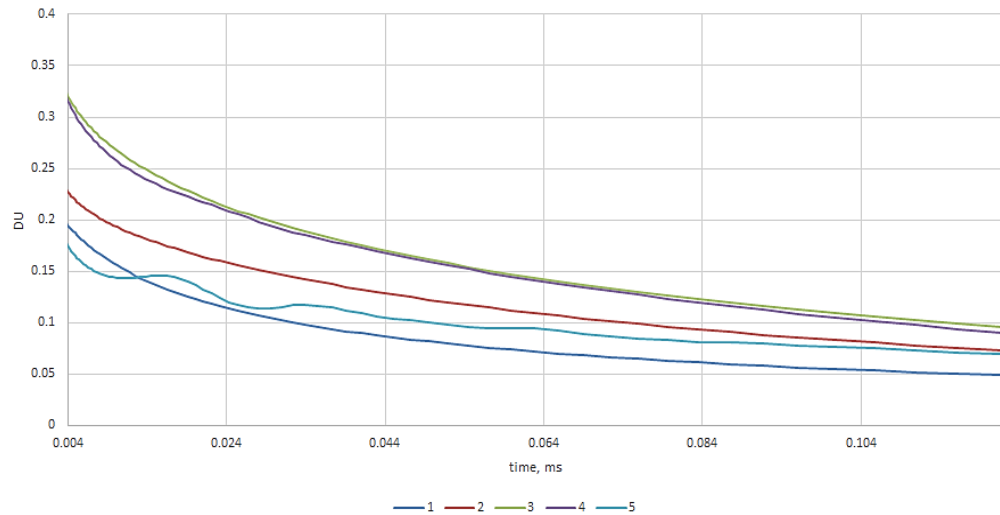
Разностные кривые низкополяризуемого объекта при соосной установке



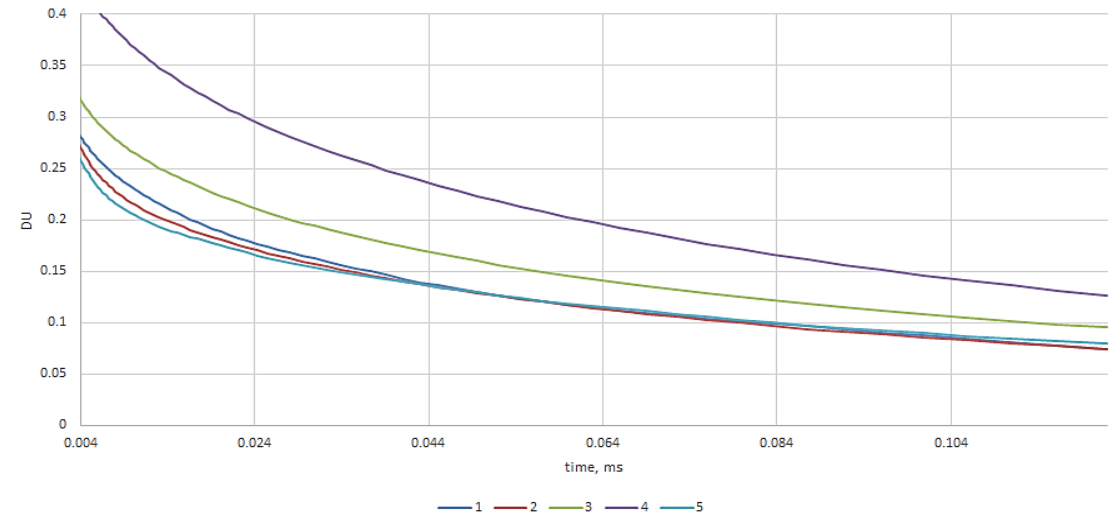
Разностные кривые высокополяризуемого объекта при соосной установке



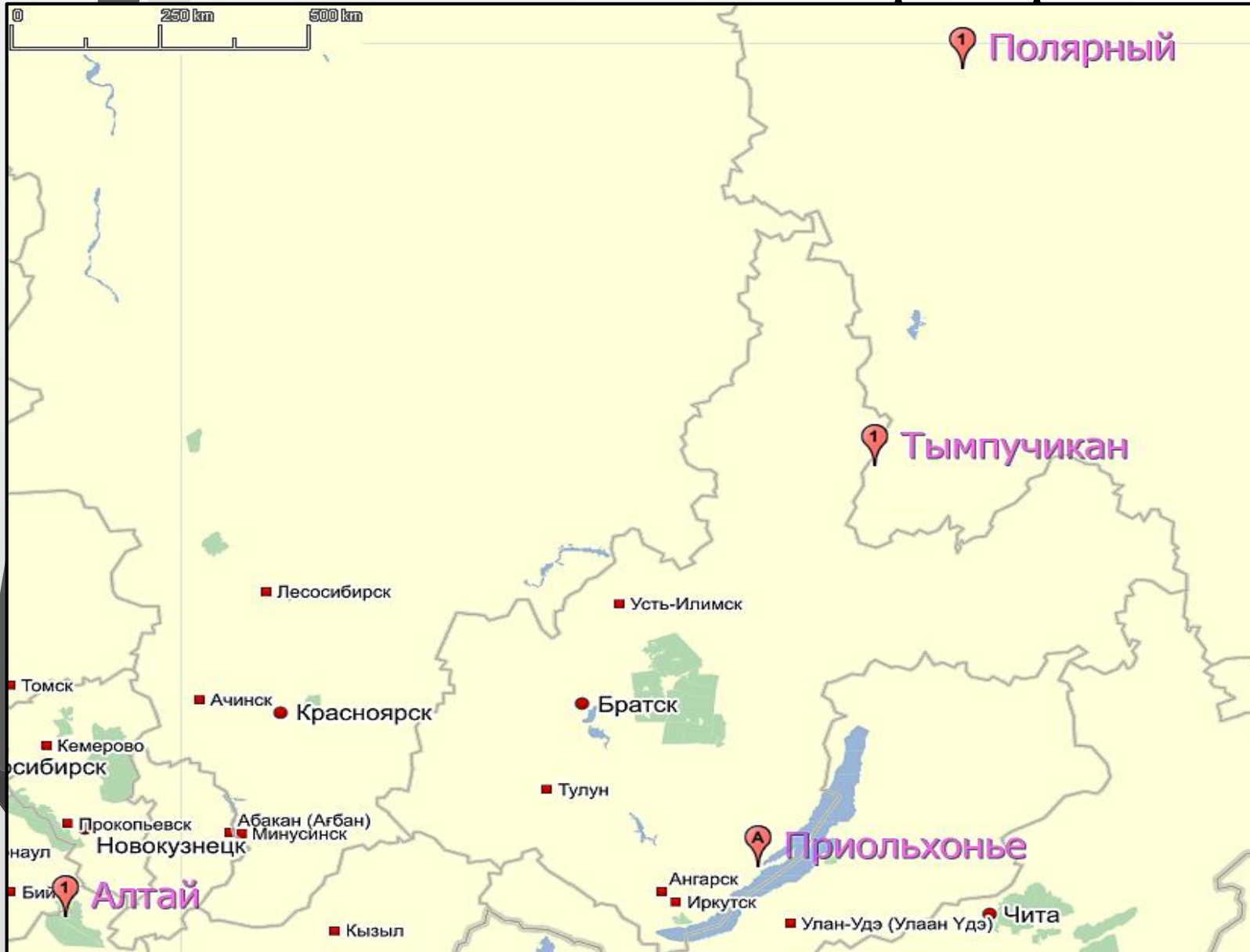
Разностные кривые низкополяризуемого объекта при ортогональной установке



Разностные кривые высокополяризуемого объекта при ортогональной установке



Полевые и лабораторные исследования



В рамках проведения исследовательской части были сделаны полевые и лабораторные исследования на следующих участках:

- Приольхонье – участки с территории базы практик ИРНИТУ, входящих в состав прибайкальского национального парка;
- Участок Туравитый – находящийся в Ишинском районе республики Алтай;
- Участок Полярный – Находящийся вблизи посёлка Полярный республики Саха (Якутия).
- Тымпучикан – лицензионный участок на границе с Иркутской областью в республике Саха (Якутия);

Общее расположение участков показано на рис 3.1.

Схема участков полевых исследований

Приольхонье

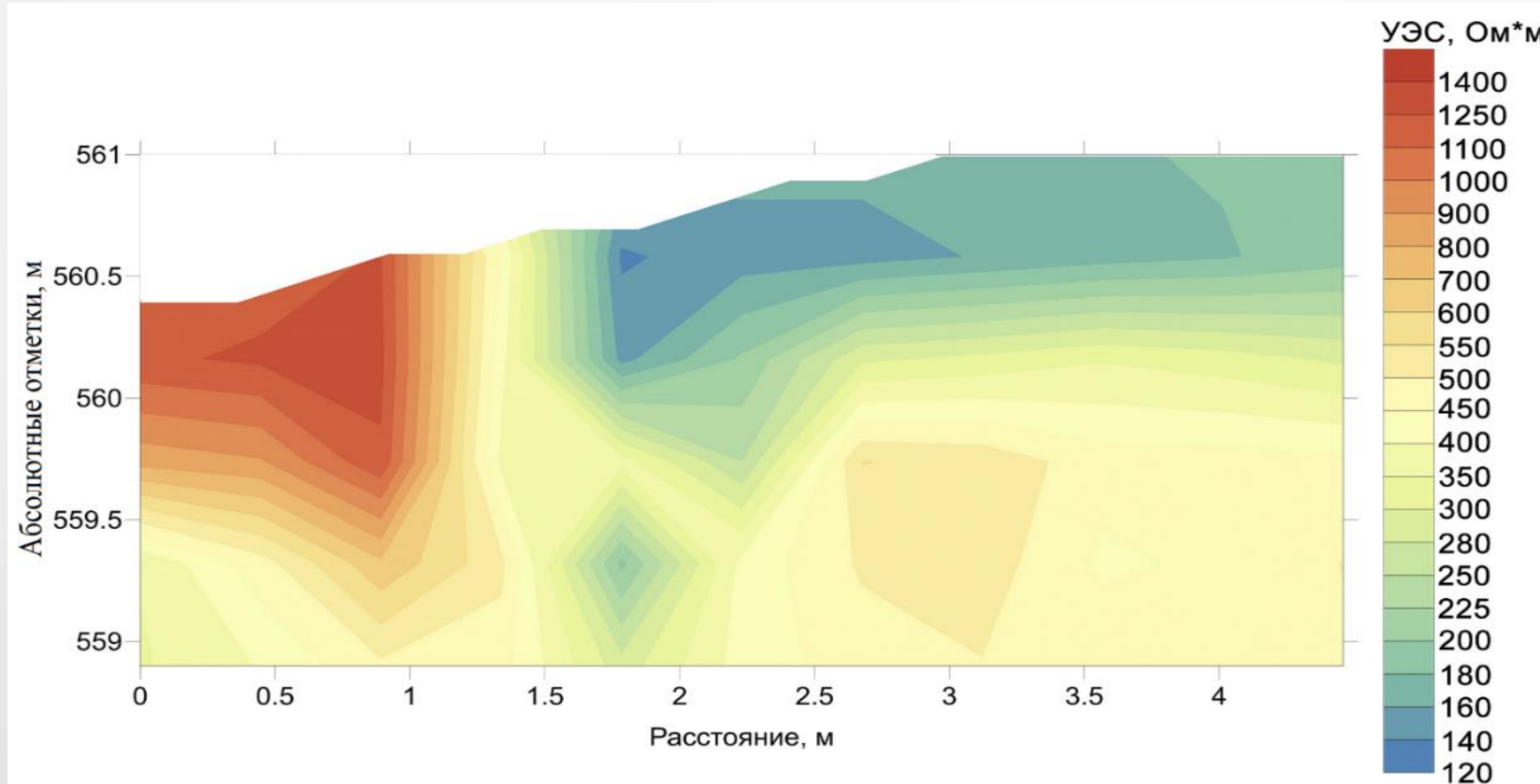


На территории базы практик «Черноруд», были проведены измерения переходных процессов аппаратно-программным комплексом «МАРС», малыми установками с шагом 5 м на «Габбро 15», «Габбро 16», «Мраморный 1».

Расположение площади работ

Результаты обработки

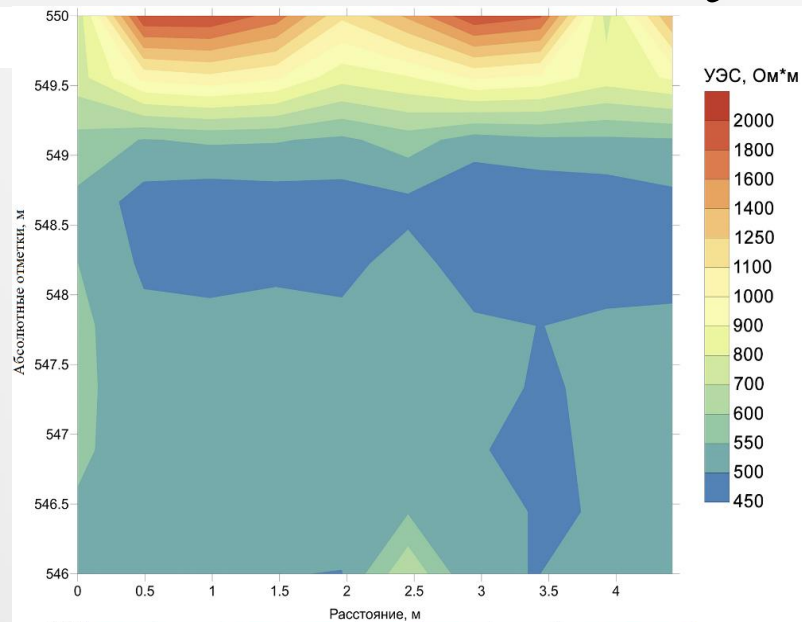
В результате были получены разрезы изоом по участкам Мраморный 1, Габбро 15, Габбро 16, спорный рис.



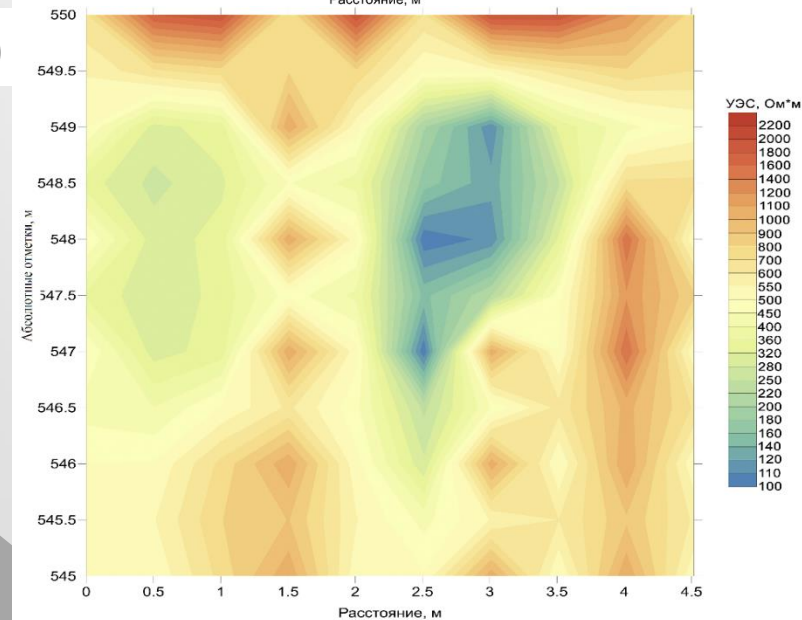
Разрез изоом по 1 профилю участка Мраморный 1

Результаты обработки

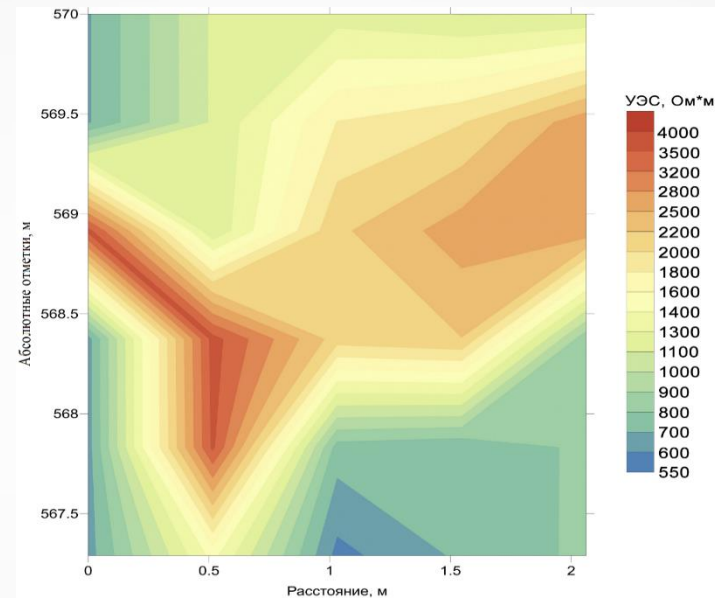
а)



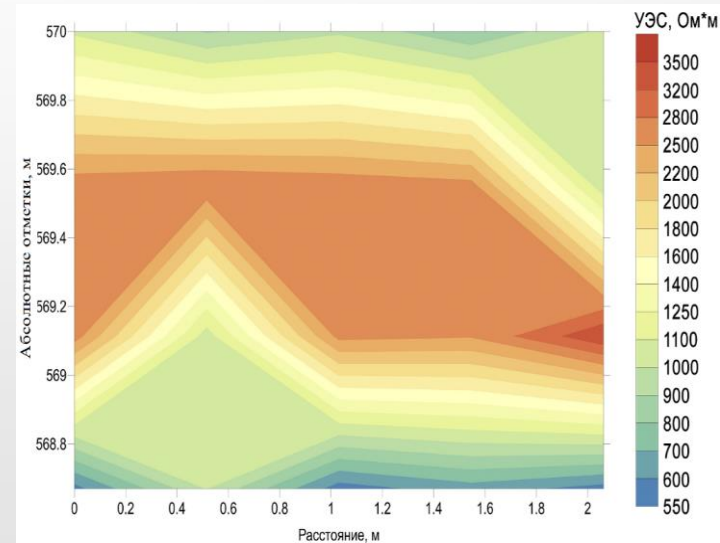
б)



Разрез изоом участка «Габбро 15» по: а) 1 профилю б) 2 профилю



Разрез изоом
по 1 профилю
участка Габбро
16



Разрез изоом по
2 профилю
участка Габбро
16

Результаты обработки

Результирующие параметры участка «Спорный»		
	Габбро	Мрамор
	ср. значение (мин. – макс.)	ср. значение (мин. – макс.)
УЭС, Ом*м	~1000(695-1400)	~1020(643-1470)
Поляризуемость, %	~48(1.1-80)	~63,4(23-80)
τ , с	~7,3(0,1-20)	~0,1(0,01-0,3)
C, отн.ед.	~0,65(0.3-0.8)	~0.56(0.3-0.7)

Результаты инверсии пород площади работ»		
	Габбро	Мрамор
	ср. значение (мин. – макс.)	ср. значение (мин. – макс.)
УЭС, Ом*м	~1400(1000-1600)	~800(170-1250)
Поляризуемость, %	~48(40-60)	~52(25-70)
τ , с	~4(1,5-7,5)	~0,05(0,001-0,07)
C, отн.ед.	~0.7(0.6-0.8)	~0.5(0.4-0.6)

Участок Туравитый



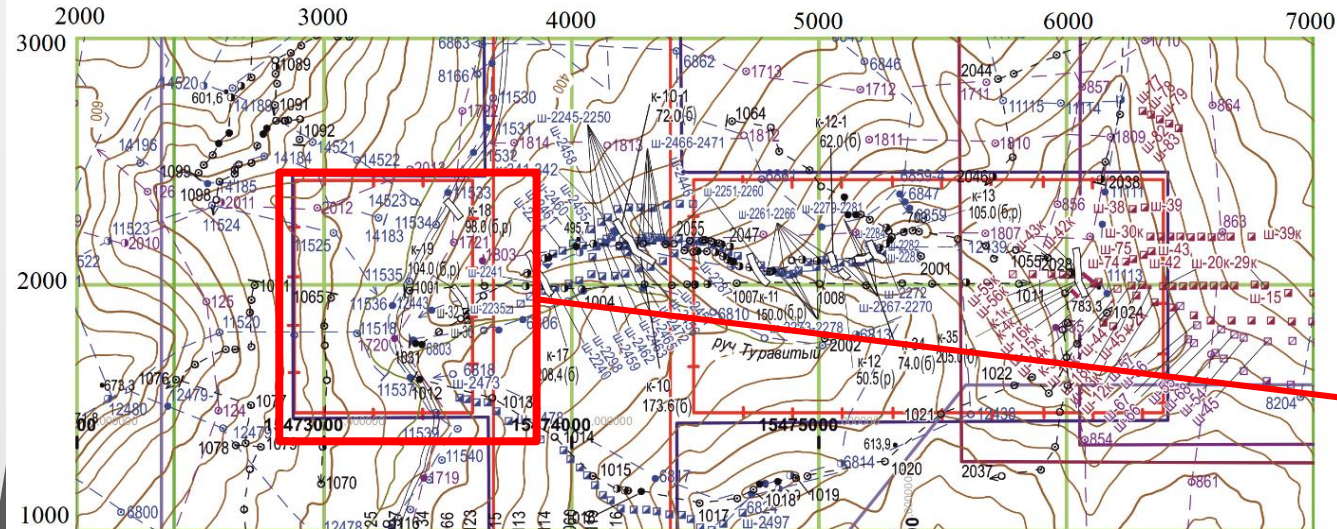
Условные обозначения
Точки наблюдения ЭМЗ-ВП

- PP4 ●●● Точки наблюдения 2015 года. Объем 21529 пот. м.(853 ф.т.)
- PP14 ●●● Точки наблюдения 2016 года. Объем 27000 пот.м. (1080 ф.т.)

Схема профилей ЭМЗ-ВП на участке Туравитый за 2015-2016 гг

В рамках полевых работ с АО «Горно-Алтайская экспедиция», с октября 2015 года по технологии ЭМЗ-ВП были проведены геофизические изыскания на участке Туравитый. Работы выполнены по предварительно разбитой сети, использованной для проведения литохимических поисков масштаба 1:10000. Расстояние между профилями 100 м, шаг по профилю 25 м, записано 1933 физических.

Участок Туравитый

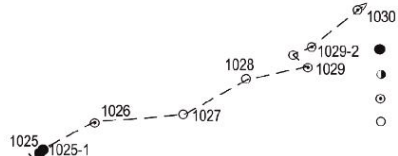


Условные обозначения

К-19
104,0 (р)
Ш-32
Ш-30

Канавы, пройденные в 2015-2016 гг
(б)- бульдозерные,
(р)- ручной проходки
(б,р)-комбинированные
Шурфы, пройденные в 2016 году

Линии геологических маршрутов с точками наблюдений,
пройденные в 2015-2016 гг



● коренные породы
● элювиально-делювиальные отложения
○ делювиальные отложения
○ задерновано

С-60
70,2 м
С-61
70,1 м
С-62
70,8 м
БП 1

Наклонные поисково-картировочные скважины, пробуренные
в 2015 году

Линии геологических маршрутов с точками наблюдений,
пройденные предшественниками

1361 1364 [Кривчиков, 1961ф]
8136 8139 [Данилов, 1993ф]
2380 2383 [Гусев, 2000ф]

Горные выработки, пройденные предшественниками:
а-канавы, б-шурфы (1-недобитые, 2- добытые)

а б
■ ■ [Кривчиков, 1961ф]
■ ■ [Земцов, 1979ф]
■ ■ [Данилов, 1993ф]
1 2

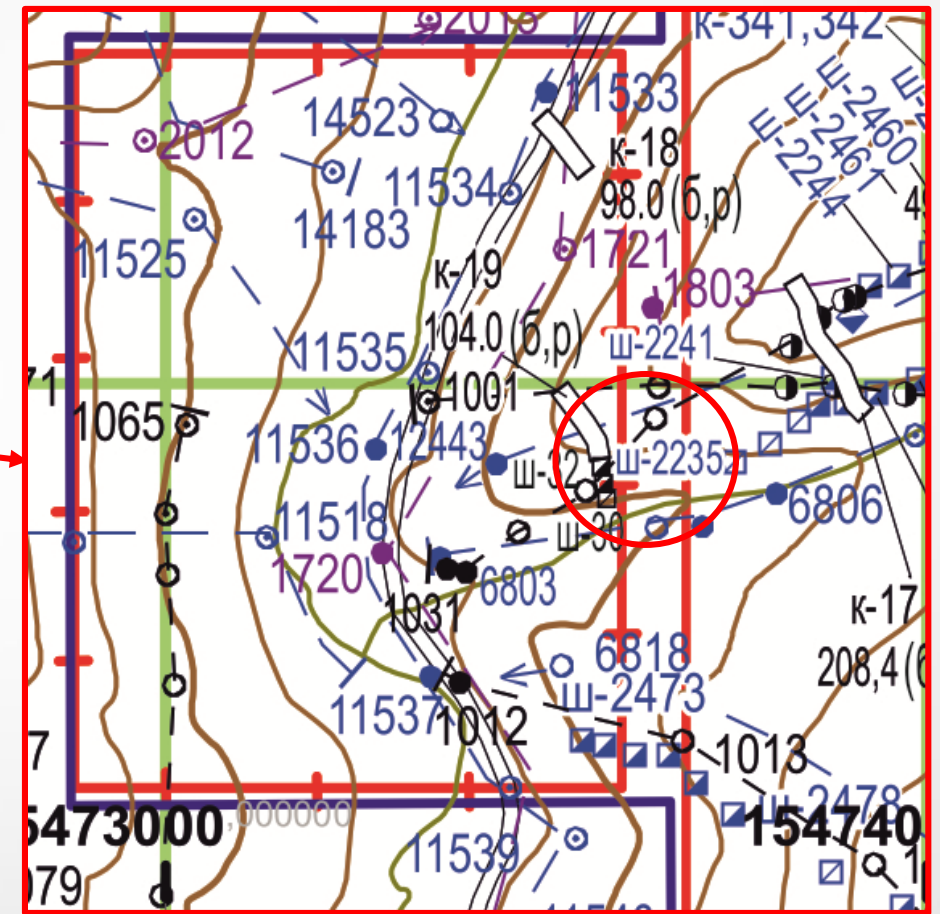
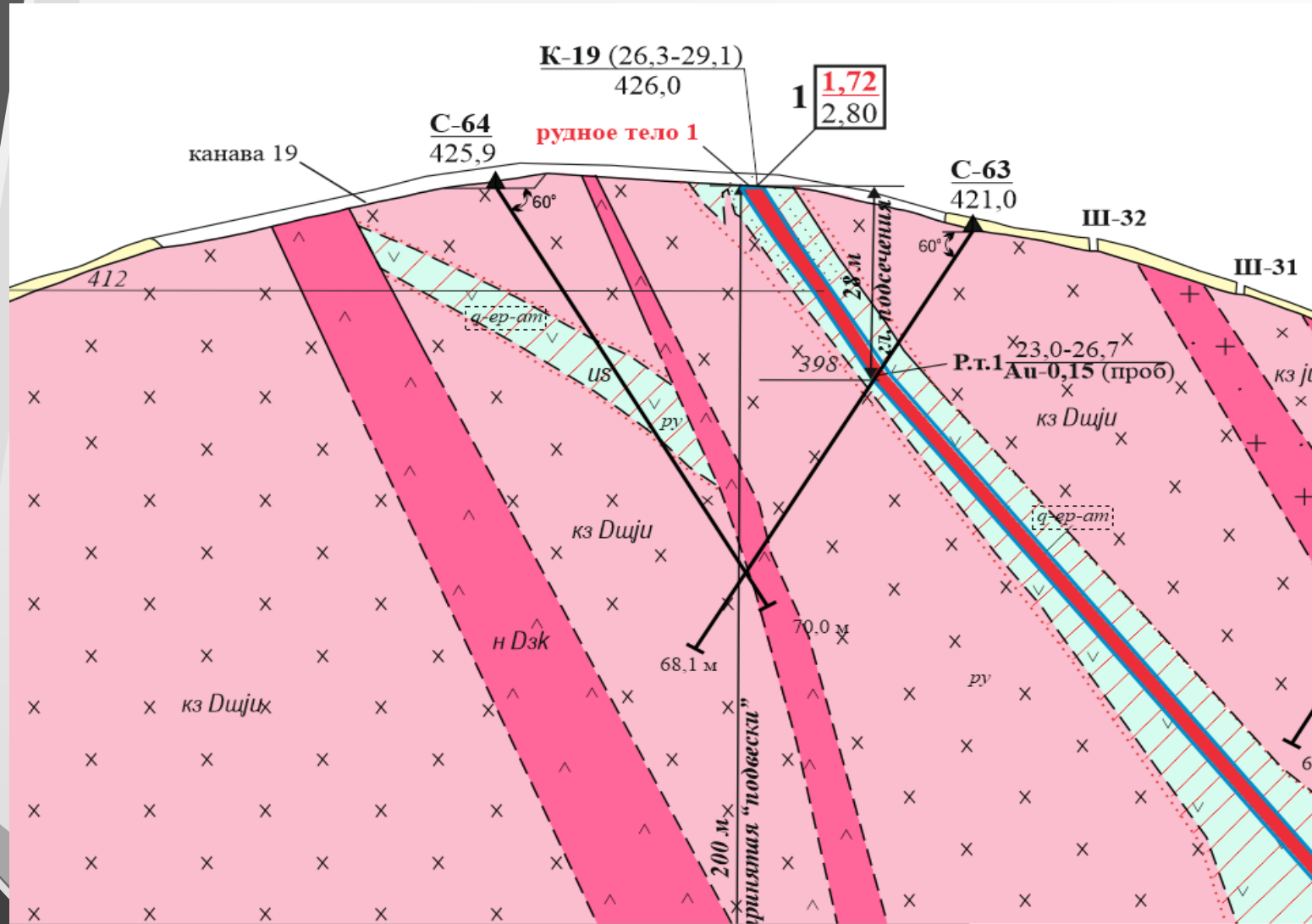


Схема расположения канавы №19 на участке
Туравитый

Участок Туравитый



Данная канава в геологическом смысле представляет собой метасоматически измененные, неравномерно пиритизированные, пятнами и линзами эпидотизированные, окварцованные и скарнированные алевролиты и песчаники, прорванные телами гранит-порфиров, пиритизи-рованных кварцевых диоритов и диоритов

Участок Туравитый

Заземление питающей и приёмной линии проводилось прямо в рудное тело с шагом 0.25 м двумя установками:

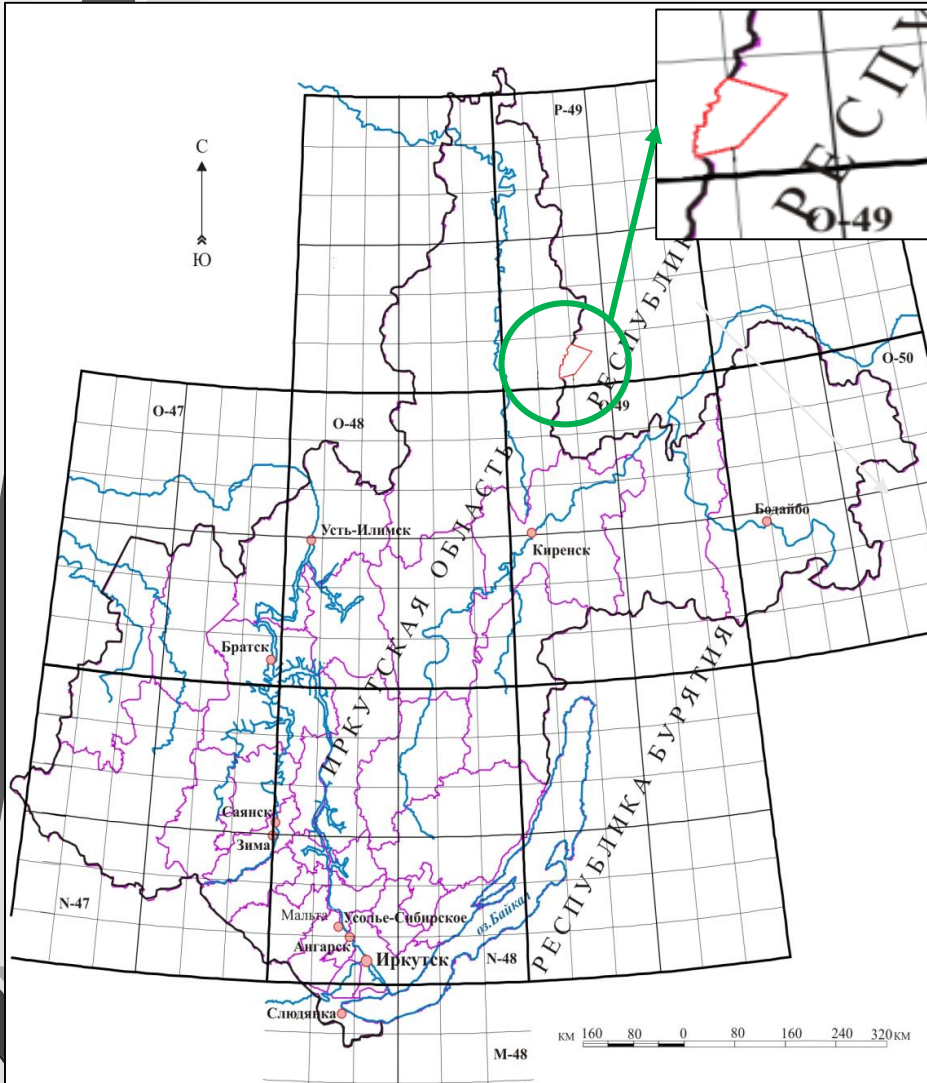
- 1 - ABMN(Диполь-диполь);
- 2- AMNB

где: АВ – питающая линия, MN – приёмная

Среднее качество подбора по профилю и установкам, сходимость (%)	Средние показатели по профилю и установкам			
	Ro	Eta	Tau	C
6.5	1423	57.9	0.00001	0.37

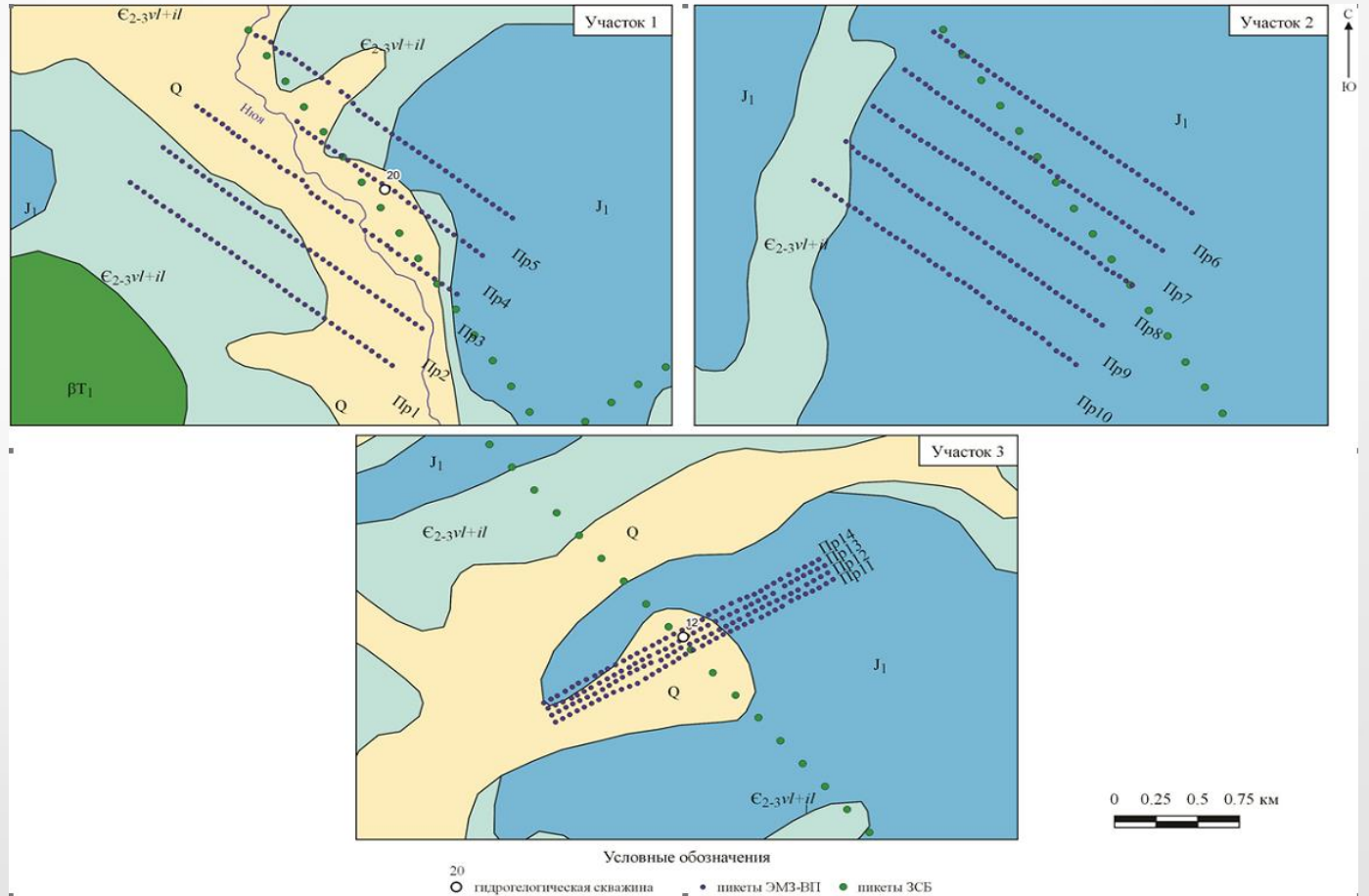
Тымпучиканский лицензионный участок

В 2014г., на участке Тымпучиканский были выполнены работы по объекту «Поиски и оценка подземных вод для водоснабжения объектов Тымпучиканского лицензионного участка», методом ЭМЗ-ВП. 3 участка - 14 профилей.

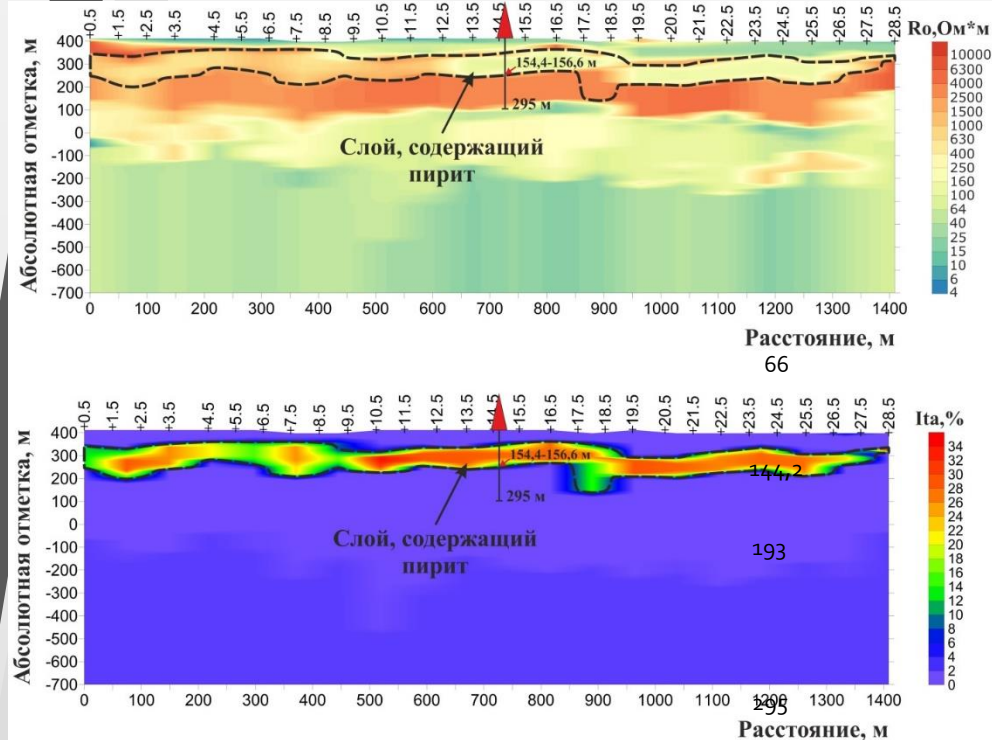


Тымпучиканский лицензионный участок

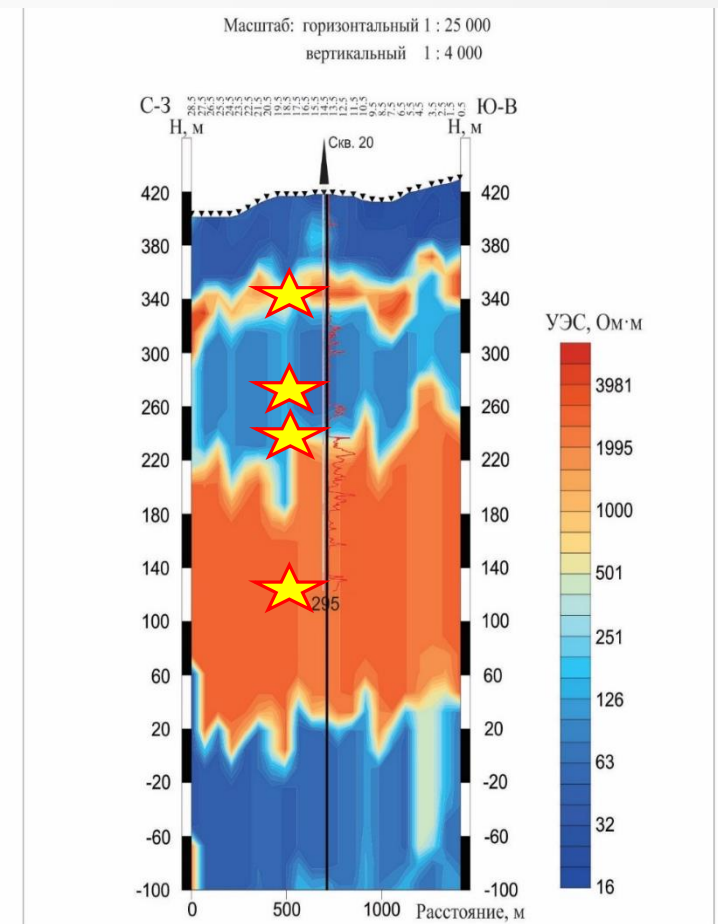
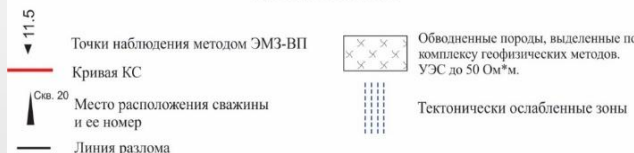
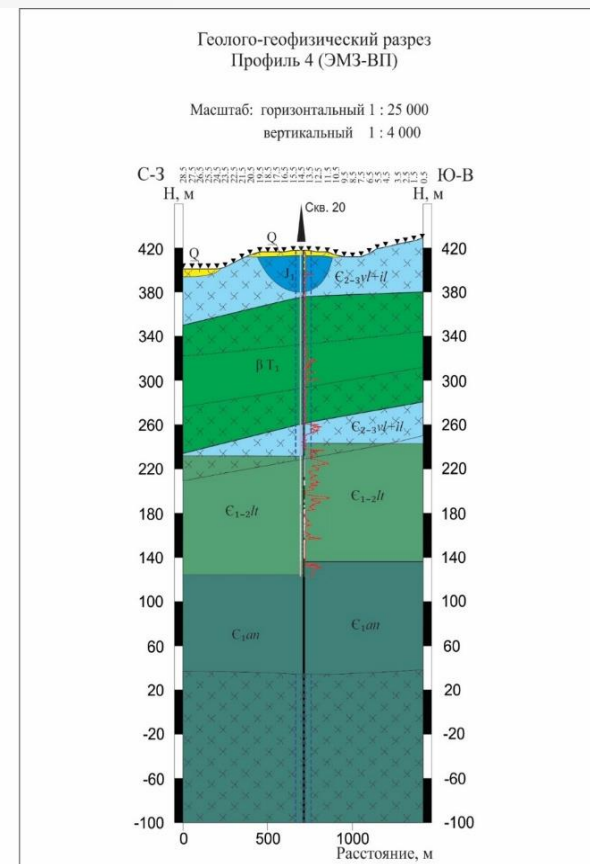
Обзорная схема



Результаты наземной электроразведки



Геоэлектрический разрез на 4ом профиле
вблизи скважины №20



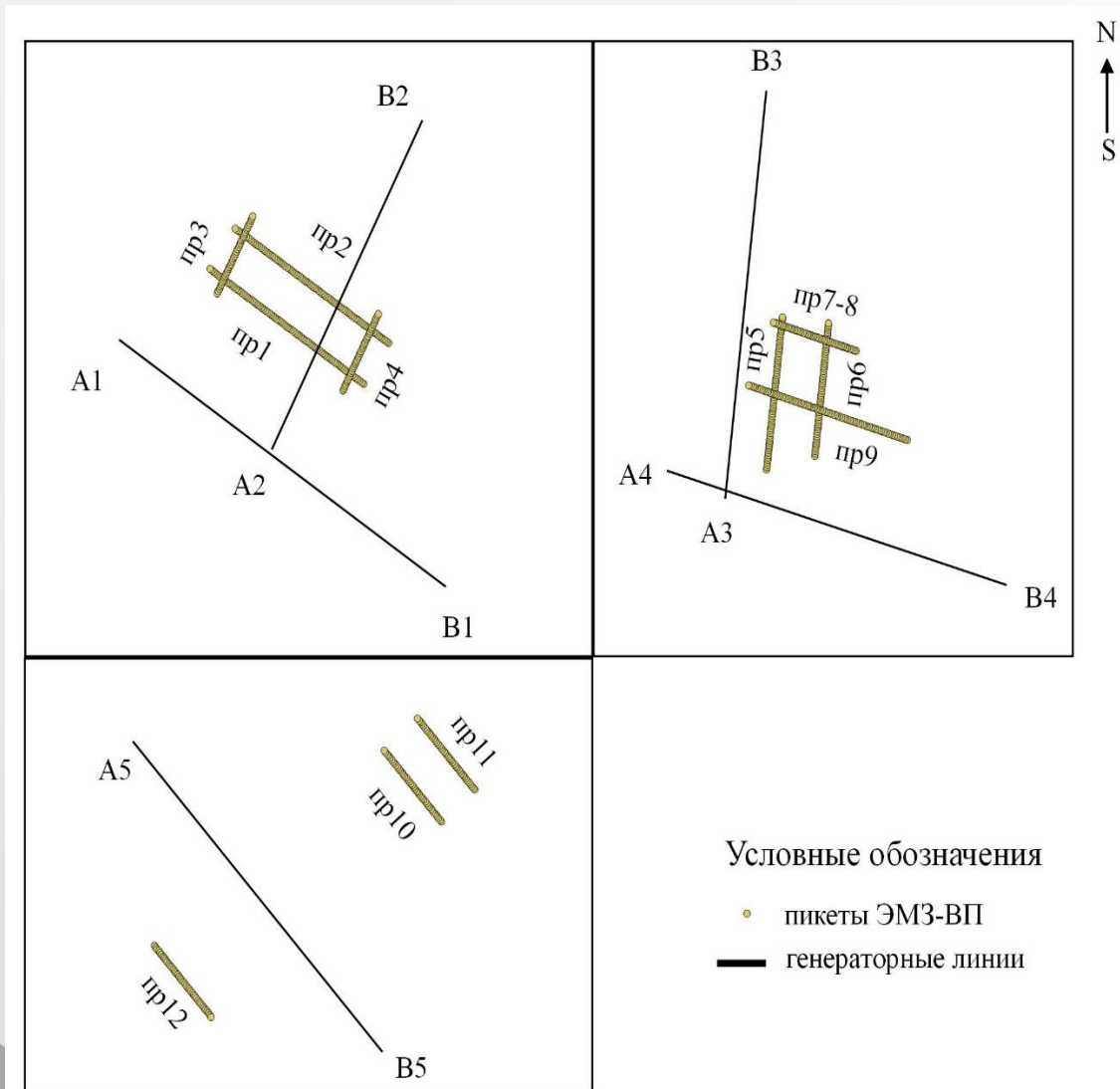
В результате Были получены разрезы изоом на которых с помощью инверсии был выделен пиритосодержащий слой, подтверждённый в дальнейшем бурением. После чего керн полученный со скважин был исследован в лабораторных условиях с помощью созданной установки.

Полевые и лабораторные исследования

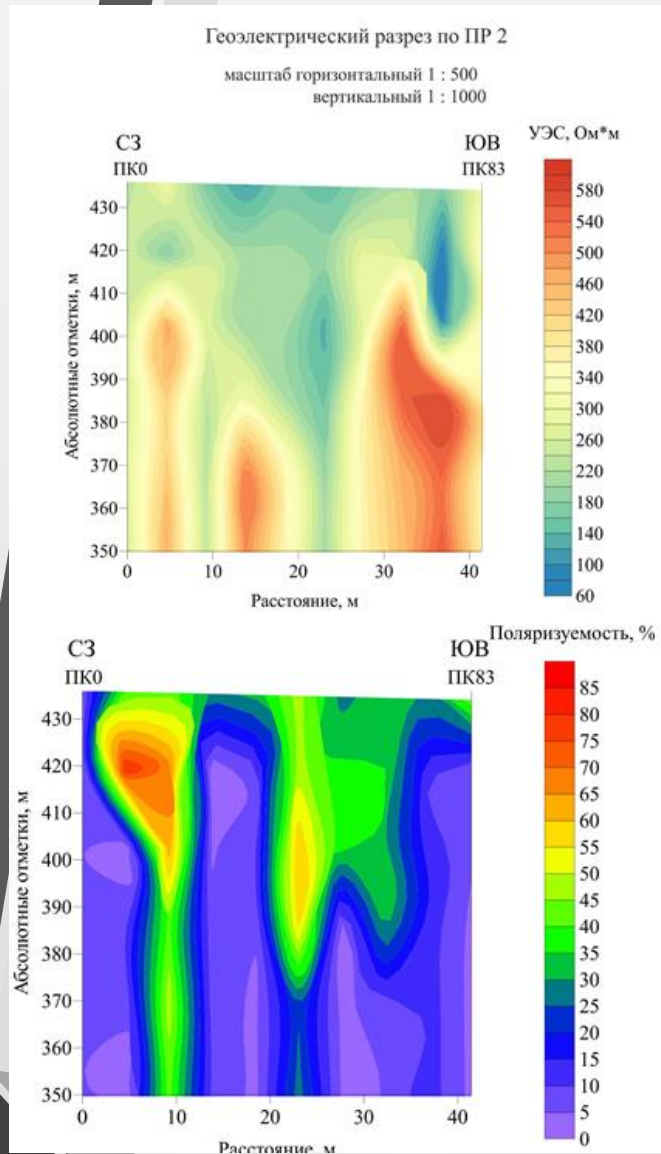
№Скв	Глубина	Convergency on in-line	Convergency on orthogonal	In-line				Orthogonal				Порода
				Ro	Eta	Tau	C	Ro	Eta	Tau	C	
8	227	11.9	20.3	2573.755	37.895	0.073828	0.41	2793.405	57.21	0.001549	0.31	доломит с известняком
8	227	11.9	9.5	2924.503	51.23	0.00146875	0.42	2796.733	59.86667	0.0065667	0.4533	доломит с известняком
8	224.7	12.0	8.0	2797	64.18	5.9667E-05	0.44	2798.975	65.2025	0.0041103	0.3125	доломит с известняком
8	227	5.5	5.6	2400.55	55.8	0.00001	0.305	2799.738	69.8775	0.0100295	0.4375	доломит с известняком
8	227	10.6	6.5	2799.918	69.8575	0.01651625	0.565	2800	78.16667	0.0051073	0.4167	доломит с известняком
17	222.5	7.3	14.0	14	62.55	0.00145	0.415	15.82333	59.93667	0.0009947	0.3333	глинистый алевролит с кальцитом и гипсом
17	316.5	10.3	8.4	11.5	43	0.000014	0.43	13.8775	58.355	0.002427	0.3525	доломит с алевролитом и кальцитом
17	32.3	6.3	10.6	5.9325	38.9125	0.0042015	0.305	5.075	48.81	0.0033585	0.3725	доломит с известняком и алевролитом
17	48	7.9	8.1	9.935	52.7425	0.04852525	0.5575	9.69	70.68667	0.0071853	0.4467	глинистый доломитом с алевролитом
17	316.5	4.5	15.3	10.33	87.4125	0.0062085	0.3125	16.3	89.05	0.008303	0.456	доломит с алевролитом и кальцитом
17	316.5	15.9	15.6	19.16667	67.83333	0.00008	0.3033	11.87	75.83333	0.000613	0.3733	доломит с алевролитом и кальцитом
20	295	12.7	9.3	200	67.7	0.000562	0.37	199.7467	65.49333	0.0049937	0.49	доломит
20	66	14.1	7.7	359.9867	65.99667	0.36306967	0.38	359.885	78.1875	0.0106985	0.47	долериты
20	144.2	7.7	8.5	500	75.2725	0.021497	0.3125	533.39	89.8	0.0117497	0.51	известняк
20	63	11.7	6.8	160	68.8375	0.22157625	0.4	159.9875	79.7575	0.0096353	0.435	долериты
20	66	3.9	14.2	174.8	88.96	0.005646	0.395	160	89.55	0.0071285	0.445	долериты
20	193	6.2	7.9	9950.84	80.97	0.03044533	0.363	7600	89.2	0.008068	0.41	доломит с известняком

Результаты полученные с глубин по скважинам отличаются по показателю полируземости. Так образцы с 20й скважины сопоставимы с результатами электроразведки и бурения и показывают высокую поляризуемость, находясь перекрытыми зонами четвертичных отложений. А результаты со скважины 8 сопоставимы с данными по каротажу, при этом показывая более низкие значения, ²⁰ перекрытые в нижней юре.

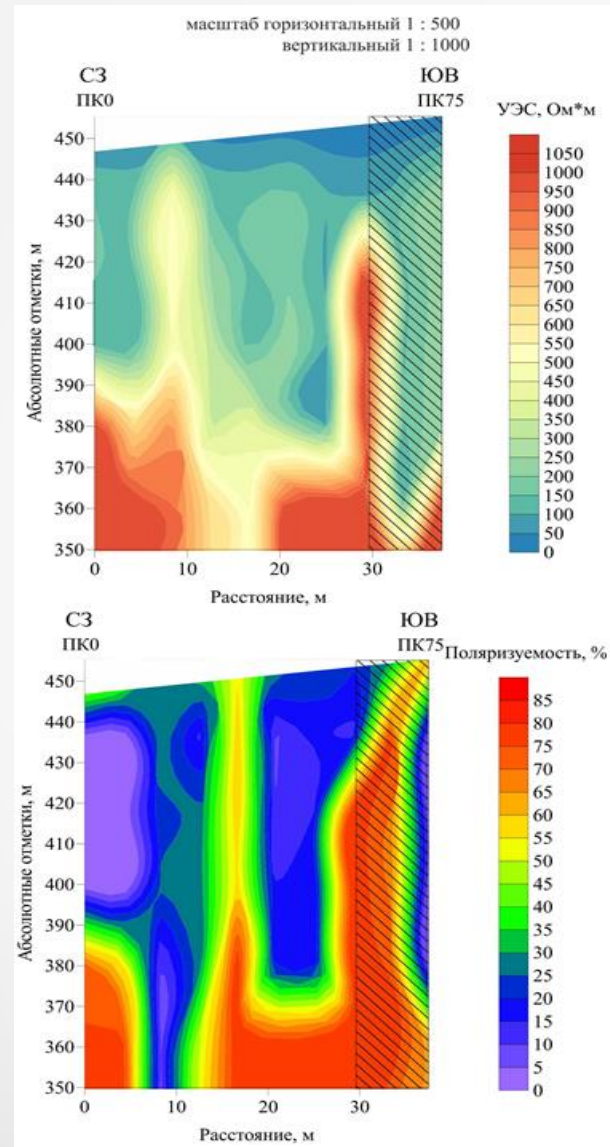
Участок Полярный



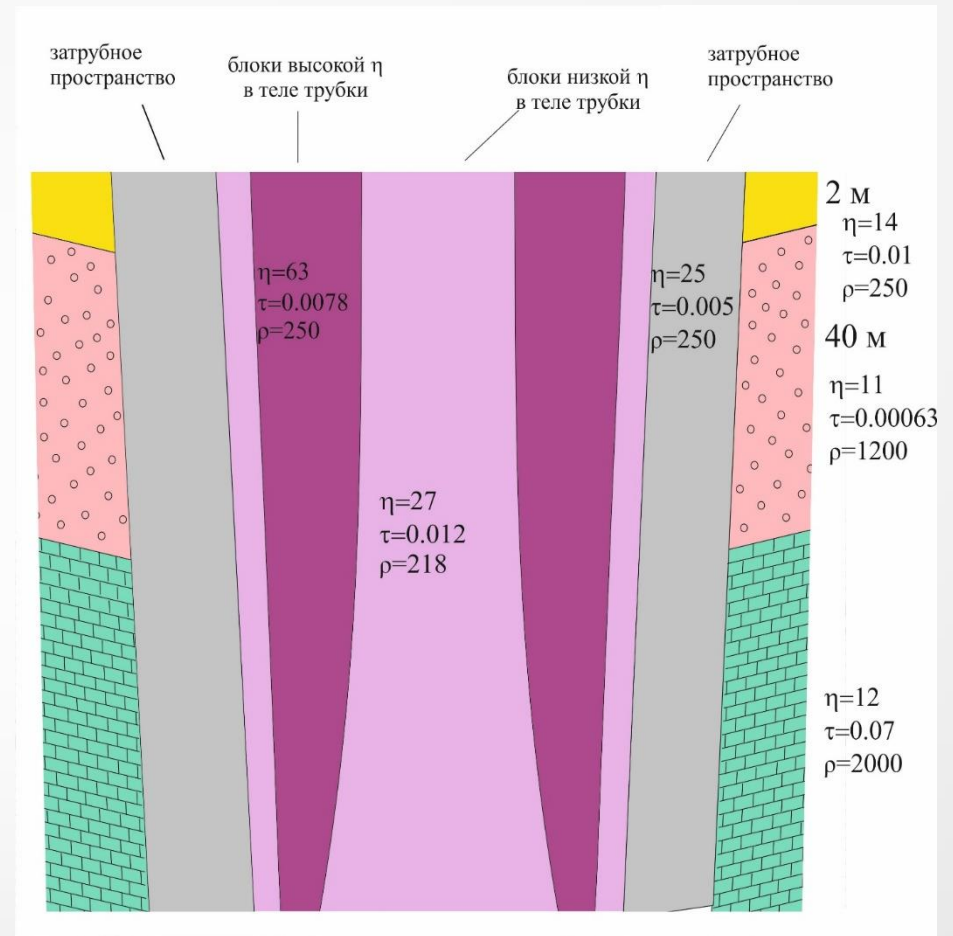
- В период июль-сентябрь 2016 г. были выполнены полевые опытно-методические работы методом ЭМЗ-ВП с шагом 1 метр на участке «Полярный» на двух кимберлитовых трубках:
- Долгожданная
- Ленинградская
- с отбором образцов горных пород с исследуемых участков, а также нескольких трубок в том же районе.



- Геоэлектрический разрез по профилю 2 («трубка Долгожданная»)



- Геоэлектрический разрез по профилю 9 (трубка «Ленинградская»)



Физико-геологическая модель,
составленная по результатам
интерпретации

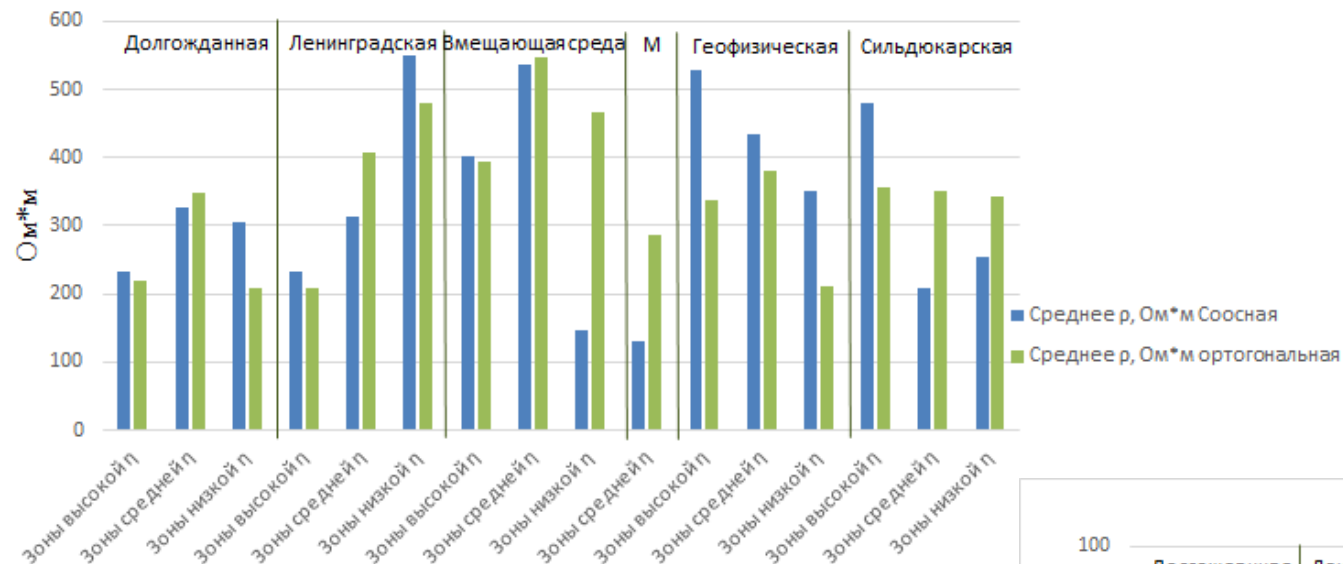
Осреднённые значения объектов УЭС и поляризационных параметров для соосной установки

Показатель/ площадь	Ленинградская			Долгожданная			Вмещающая среда		
Объекты	Зоны высокой η	Зоны средней η	Зоны низкой η	Зоны высокой η	Зоны средней η	Зоны низкой η	Зоны высокой η	Зоны средней η	Зоны низкой η
Среднее ρ , Ом*м	160	289	549	232	347	136	403.	536	146
Станд. откл. ρ , Ом*м	*	170	*	179	143	*	171	*	182
Среднее η , %	71	57	6.5	86.9	40	11.3	77.2	50	6.8
Станд. откл. η , %	*	9.5	*	4.08	9.4	*	14.9	*	7.04
Среднее τ , сек	201	0.005	0.00002	281	1.55	0.0000001	0.009	49.9	15.27
Станд. откл. τ , сек	*	0.004	*	537	3.6	*	0.007	*	13.2
Среднее С	0.33	0.54	0.30	0.55	0.43	0.30	0.60	49.9	0.4
Станд. откл. С	*	0.1	*	0.22	0.14	*	0.03	*	²³ 0.14

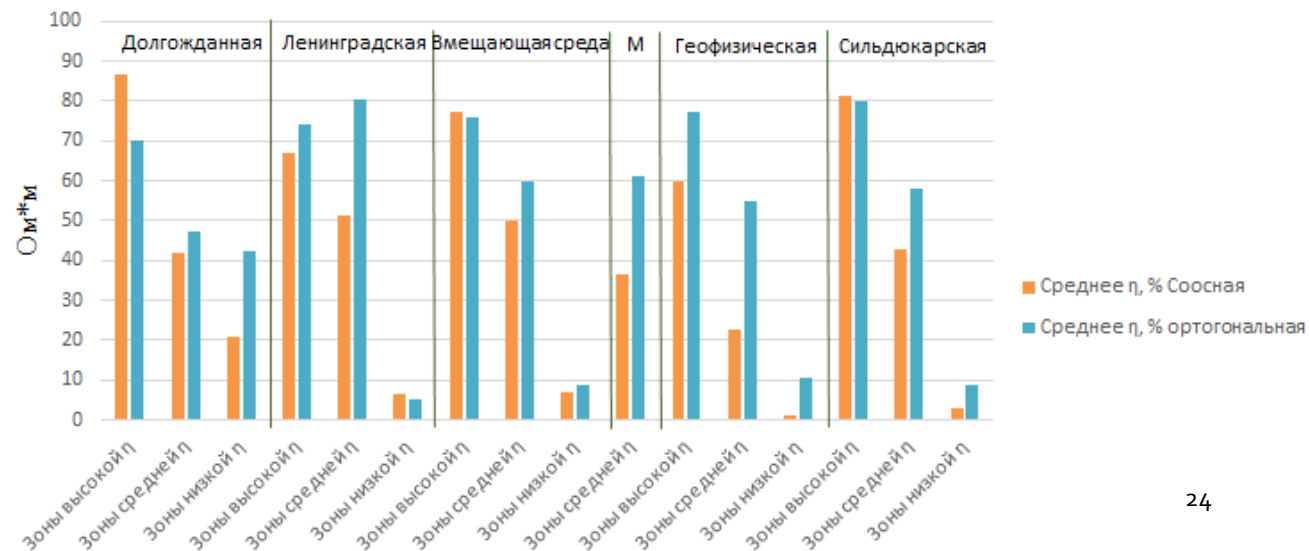
«*» — данные состоят из одного объекта и не имеют показателей ст. отклонения

Участок Полярный

Сравнение средних значений ρ_k, ρ

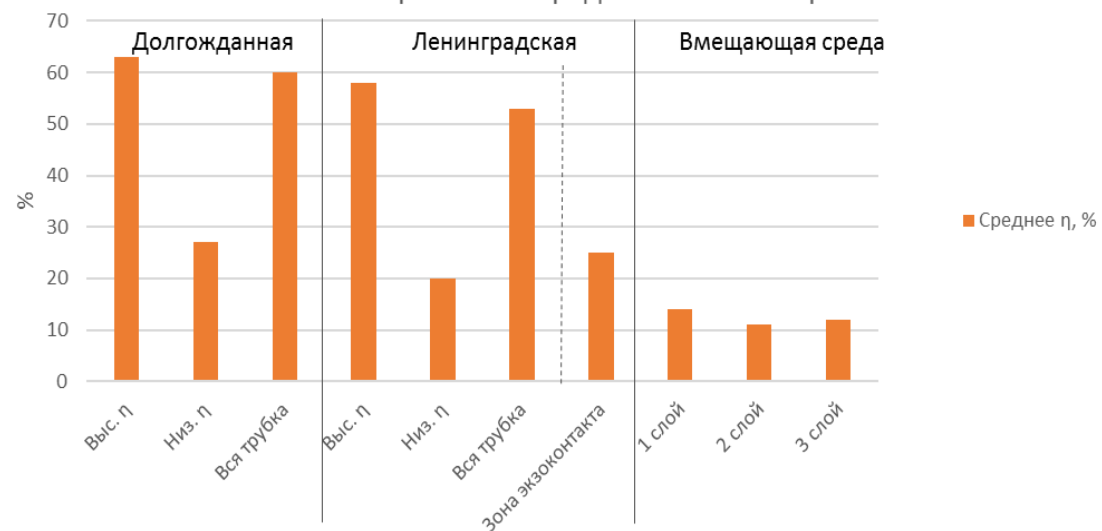


Сравнение средних значений $\eta, \%$

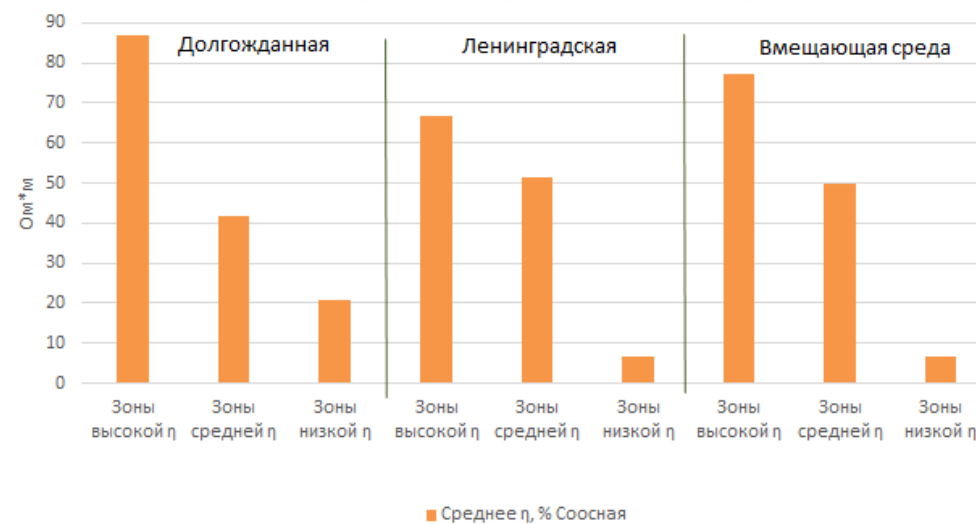


Участок Полярный

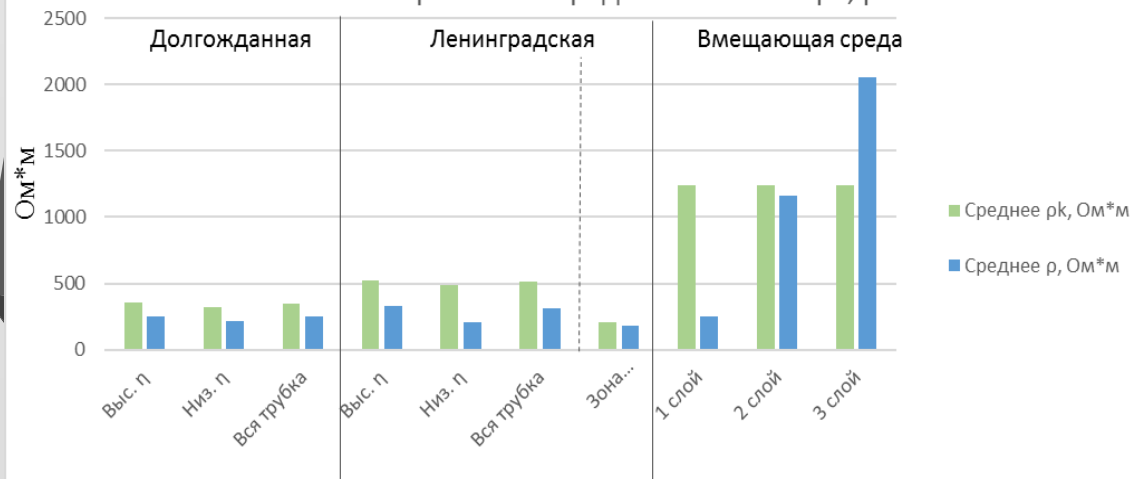
Сравнение средних значений η



Сравнение средних значений η , %



Сравнение средних значений r_k , ρ



Спасибо за внимание