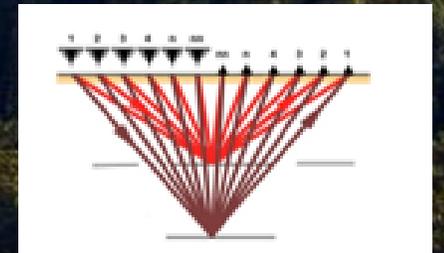
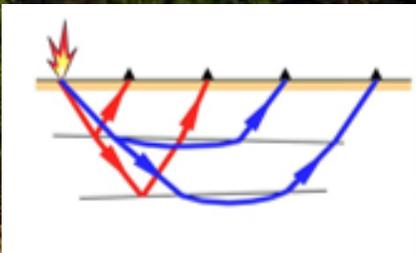


Современная сейсморазведка как технология поиска твердых полезных ископаемых

Костюченко С.Л., Сулейманов А.К.

ОО «Российское Геологическое Общество»

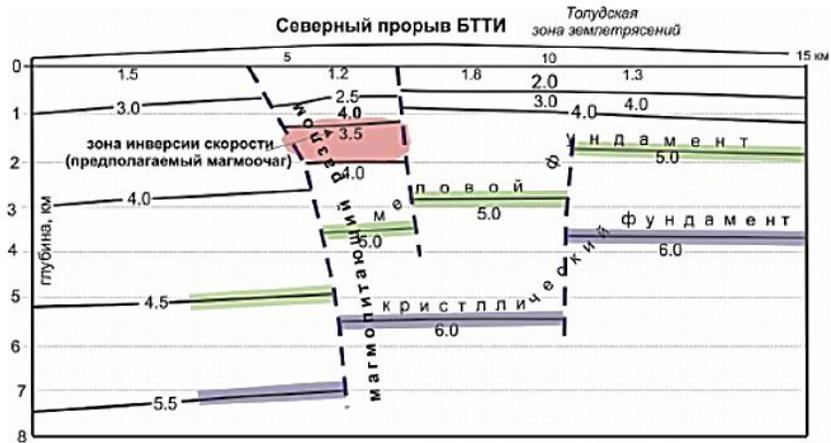


Вторая Научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ»
19.11.2024 - 21.11.2024 ФГБУ «ВИМС», г. Москва, 2024

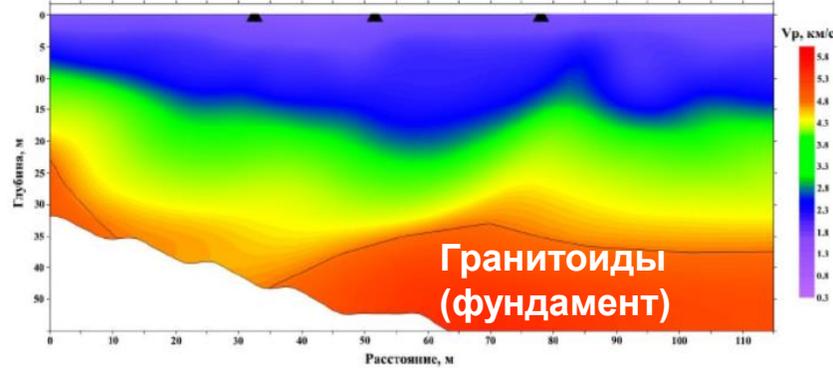
Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые) (утв. распоряжением МПР РФ от 5 июля 1999 г. N 83-р).

Этапы	Стадии	Виды работ (методы)
Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения	Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.	Космо- и аэрогеофизические работы, различные по масштабам: от обзорного и сводного (1:5 000 000 - 1:1 500 000) до средне- и крупномасштабного (1:200 000 - 1:100 000 до 1:50 000) площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, включая глубинное геологическое картирование, гравиразведочные, магниторазведочные, сейсморазведочные, электроразведочные и аэрогамма-спектрометрические исследования, геоэкологические наблюдения, прогноз землетрясений, комплексные работы вдоль опорных и региональных геолого-геофизических профилей, бурение опорных, параметрических и структурных скважин, проведение ГИС, изучение керна.
Этап II. Поиски и оценка месторождений	Стадия 2. Поисковые работы. Стадия 3. Оценочные работы на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых .	Комплекс геологических и геофизических исследований среднего и крупного масштабов (геологическое изучение, грави-магнитометрическая съемка, электро- и сейсморазведка, проходкой поисково-разведочных скважин, отбор горных проб и проведение горных выработок. Масштаб площадных исследований 1:25 000 - 1:10 000 для районов прогнозируемых крупных месторождений и 1:5 000 - 1:1 000 для сложных и небольших месторождений. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические и др. наблюдения, необходимые для обоснования способа вскрытия и разработки месторождения. Изучение вещественного состава и технологических свойств полезных ископаемых и оценка горно-геологических условий эксплуатации. Разработка временных кондиций и составление экономического обоснования промышленной ценности месторождения, целесообразность передачи объекта в разведку и освоение.
Этап III. Разведка и освоение месторождения	Стадия 4. Разведка месторождения. Стадия 5. Эксплуатационная разведка	Завершение изучения геологического строения месторождений в масштабе 1:10 000 - 1:1 000 с применением комплекса необходимых, преимущественно детальных, геофизических и геохимических методов исследований. Разработка ТЭО постоянных разведочных кондиций, подсчет запасов основных и попутных полезных ископаемых и компонентов, детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Уточнение контуров, вещественного состава и внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества и качества запасов по технологическим типам и сортам руд, уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным участкам, горизонтам, блокам.

Сейсморазведка методом КМПВ

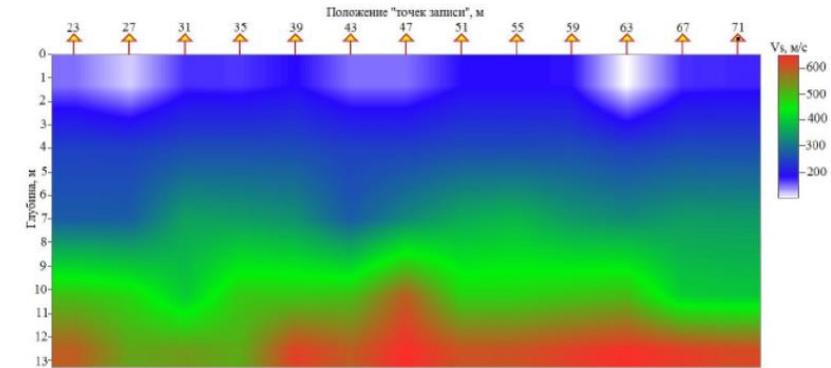


Сейсмический разрез КМПВ через вулкан Плоский Толбачик (Л.И. Гонтовая и др., 2015)



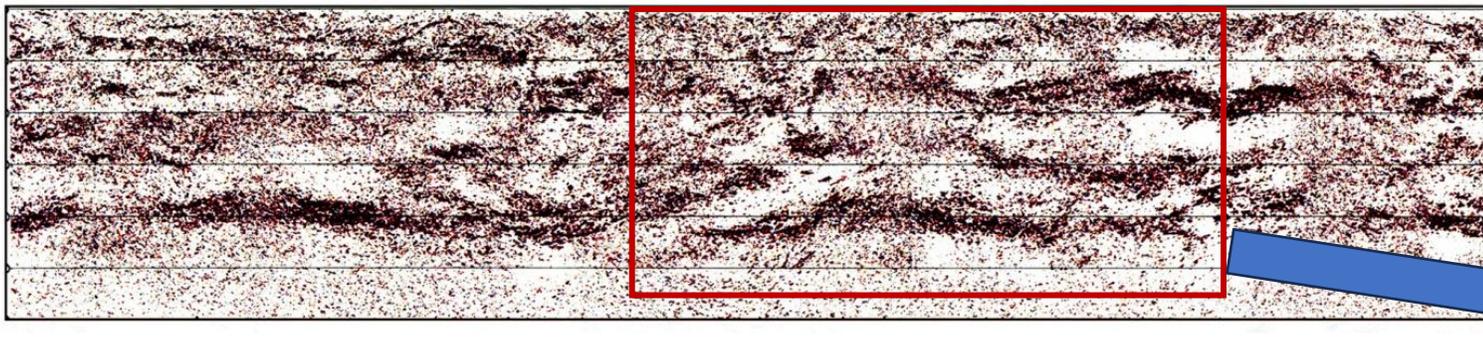
Сейсмотомографический разрез по данным КМПВ (А.Л. Борисик, 2015).

Сейсморазведка поверхностных волн

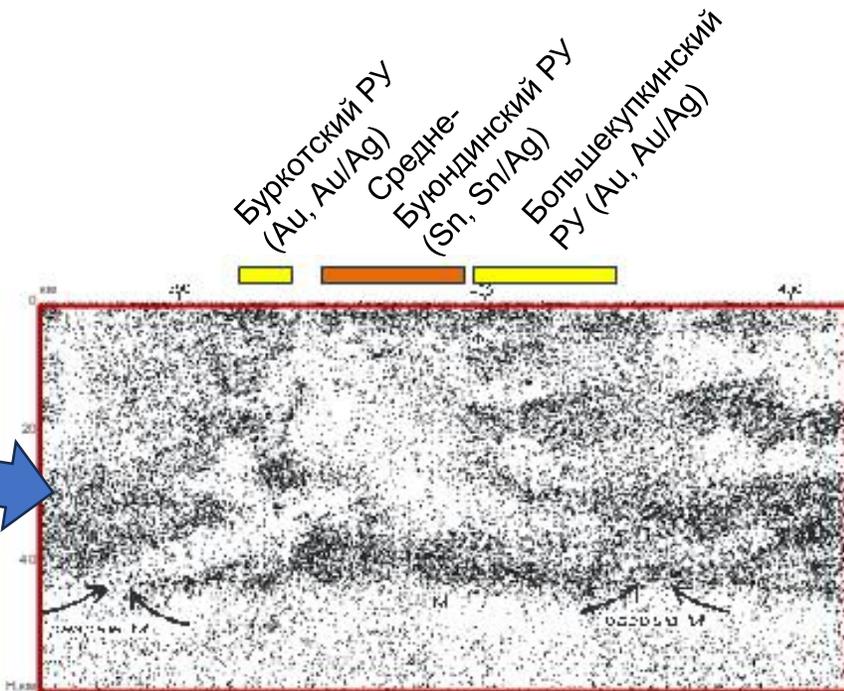


Скоростной профиль S-волн по методу многоканального анализа поверхностных волн (MASW) (А.А. Ясницкий и др., 2012)

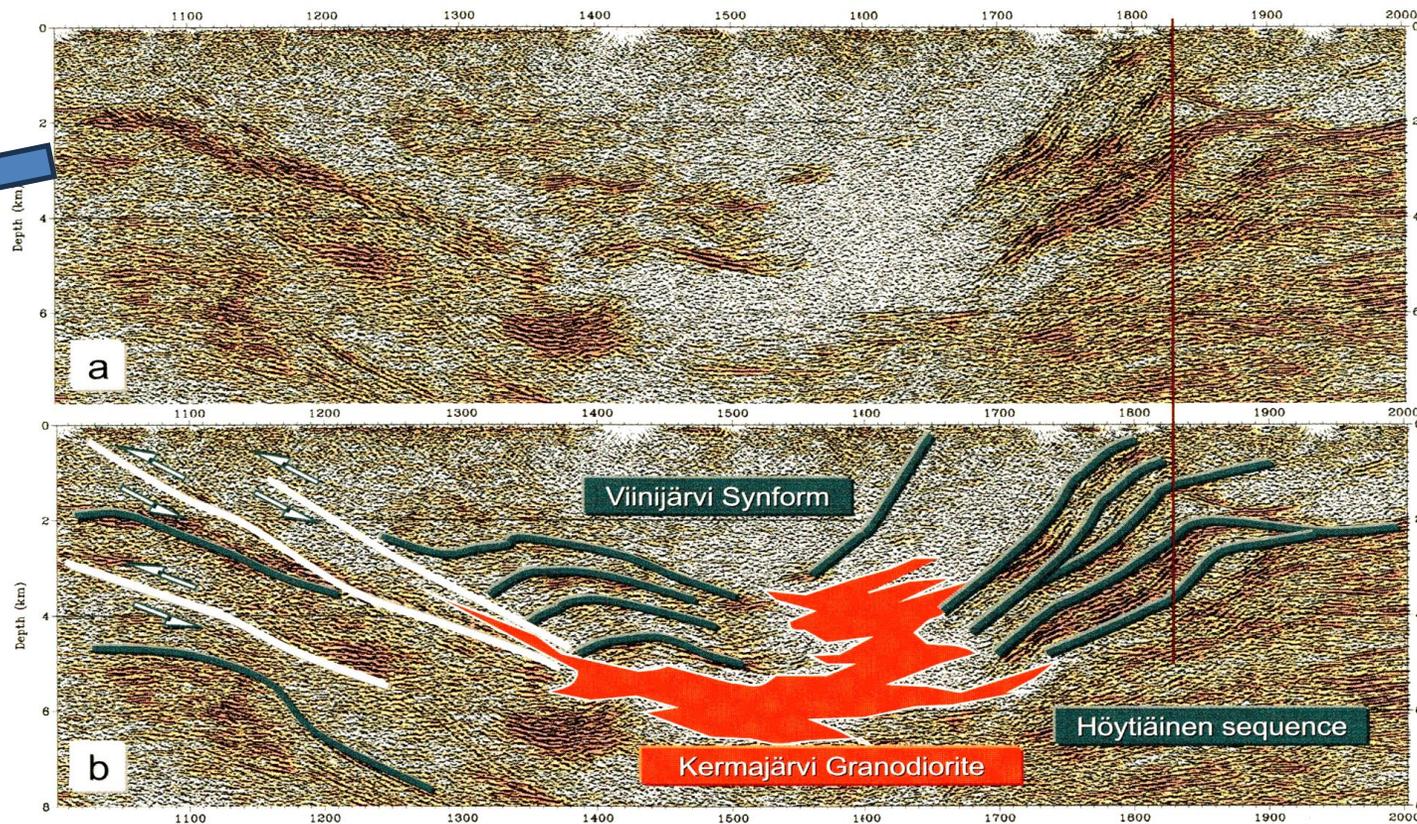
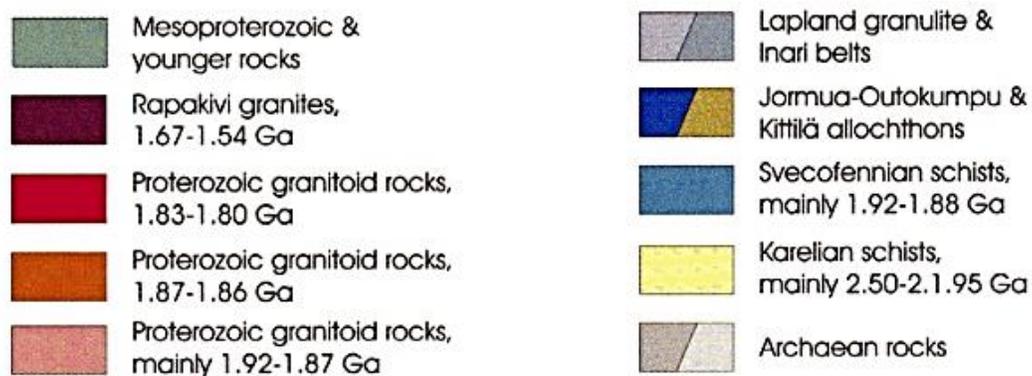
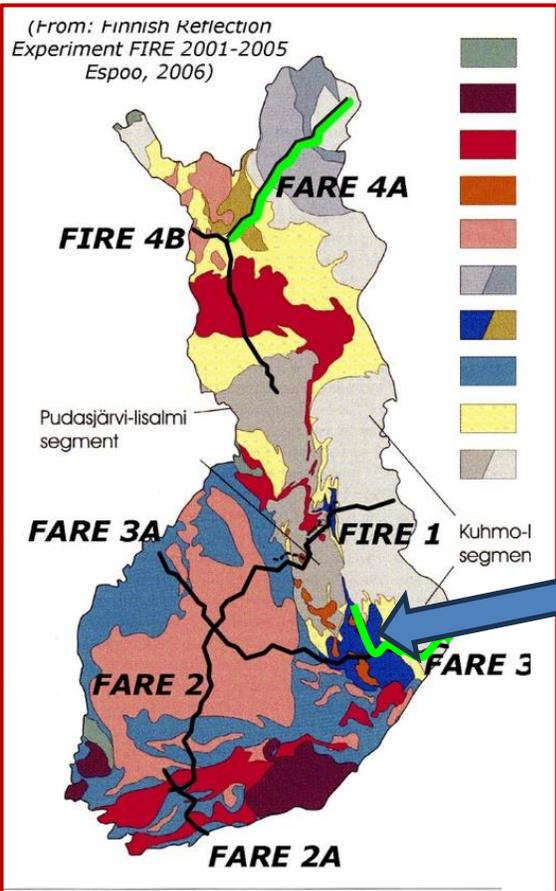
Сейсморазведка методом МОВ-ОГТ (МОГТ)



Сейсмический разрез земной коры МОВ-ОГТ (фрагмент опорного профиля 2ДВ и его детализация (Спецгеофизика, 2002).



СТРУКТУРНЫЕ, СКОРОСТНЫЕ И ВОЛНОВЫЕ ОБРАЗЫ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



Finnish Reflection Experiment
FIRE 2001-2005 (Espoo, 2006)

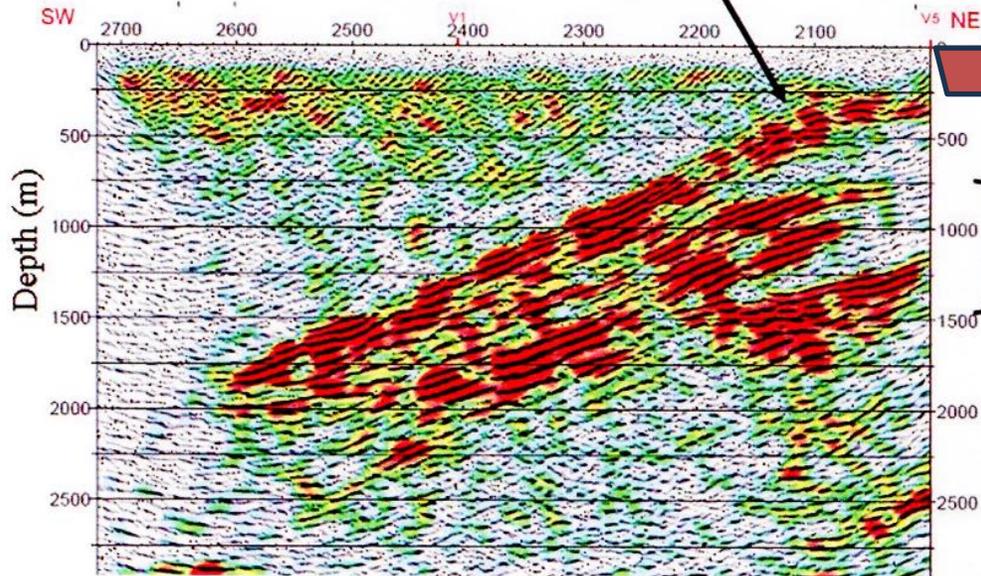
ФРАГМЕНТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА (ОБРАЗ) МОГТ И ЕГО ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
Профиль FIRE 3, глубина разреза 8 км. Финляндия. ОП «Спецгеофизика» ФГУП «ВНИИГеофизика», 2007 (Espoo, 2006).



Laurinoja open pit in production ca. 1980s.
Note drill rig for scale & glacial till overburden



Previously mined skarn /amphibolite layer
with semimassive magnetite



Hannukainen
open pit

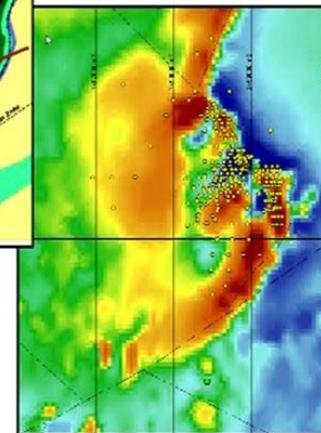
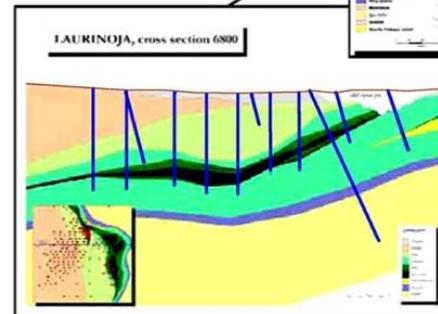
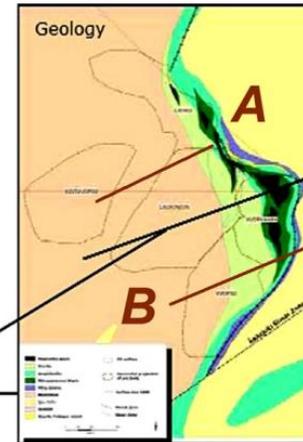
Unknown
skarn/amphibolite
layers?

В 2007-2008 гг. высокоразрешающие работы МОГТ-2D
выполнены ОП Спецгеофизика ГФУП
«ВНИИГеофизика» на 15 рудных площадях
Финляндии в объеме 610 пог. км.

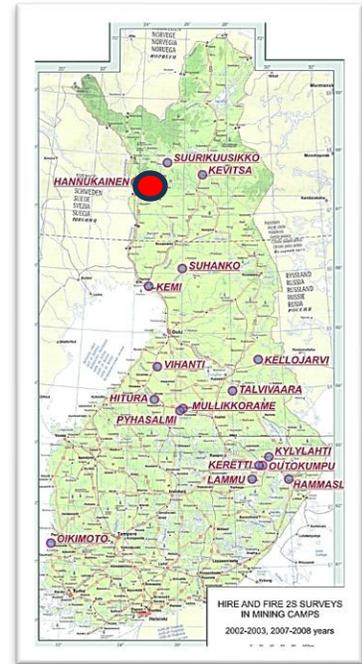
Hannukainen Fe-oxide-Cu-Au deposit

Hannukainen

- Cluster of 5 IOCG deposits
- Historic production of 4.5m tonnes @ 43% Fe + 0.88% Cu + 1g/t Au
- 5-6km to rail head at Rautuvaara Mine
- ±400 archived drill holes (65km of core) re-logged & sampled
- On-going drilling program to explore & expand all 5 deposits & collect additional material for metallurgical testwork



Regional Magnetics & drilling



HIRE AND FIRE 2S SURVEYS
IN MINING CAMPS
2002-2003, 2007-2008 years

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОБРАЗ МАГНЕТИТ-СУ-АУ АМФИБОЛИТОВ
В ГРАНОДИОРИТОВОМ РАЗРЕЗЕ. Финляндия, 2007



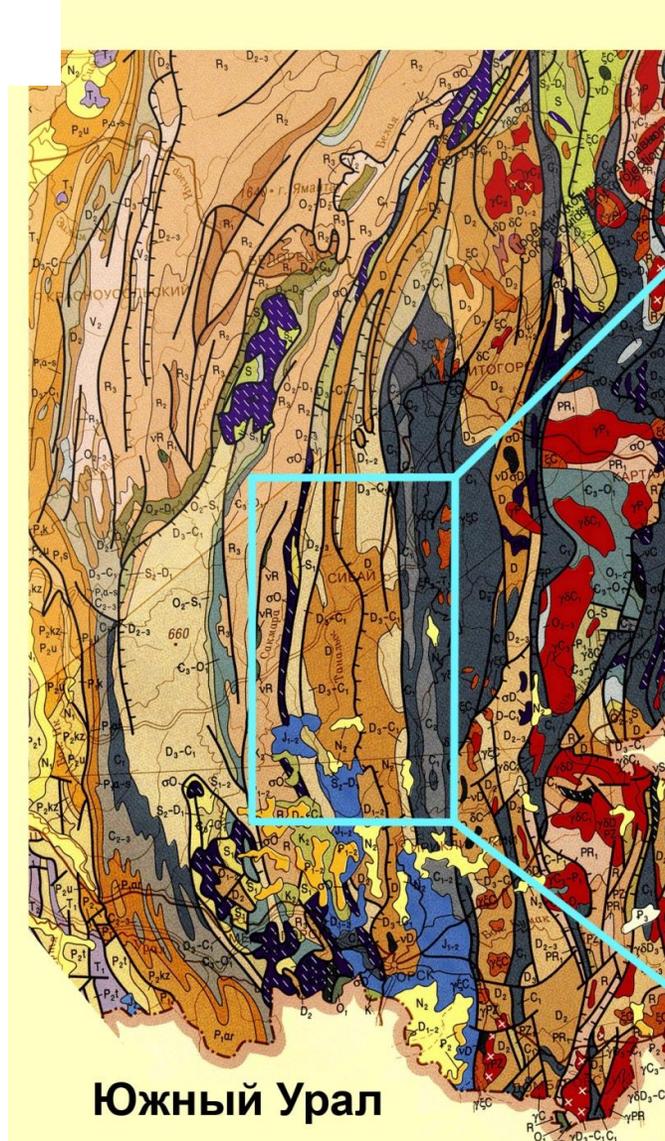
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОФИЛЬНЫЕ РАБОТЫ МОГТ-2D НА ЮЖНОМ УРАЛЕ (ЮВ часть Республики Башкортостан). Исполнитель: ОП Спецгеофизика/ВНИИГеофизика, 2007-2008. Заказчик: «Роснедра» (Б.К. Михайлов)

Орско-Сибайская, Тубинско-Гайская и
Присакмарско-Вознесенская структурно-
формационные зоны

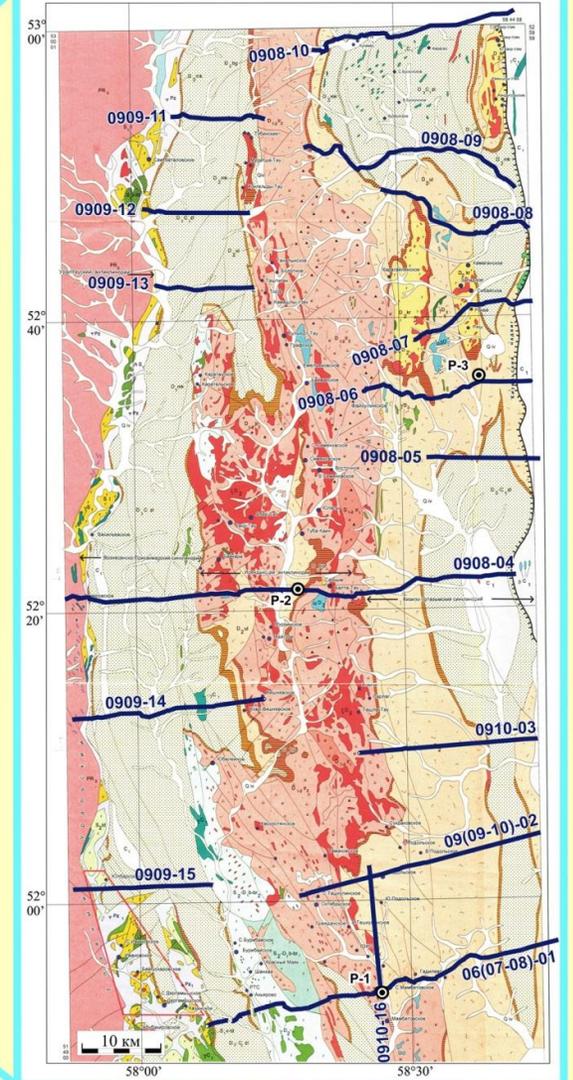
Целевое назначение: оценка глубины
залегания колчеданоносных комплексов,
перекрытых вулканогенно-осадочными
отложениями D_2 и D_3-C_1 возраста.

Отработано 16 сейсмических профилей МОГТ
суммарным объемом **375 пог.км.**

Сейсмические работы сопровождались
заверочным бурением (Пробурено 7 скважин
глубиной до 500 м, из которых 5 подтвердили
выполненную геологическую интерпретацию).



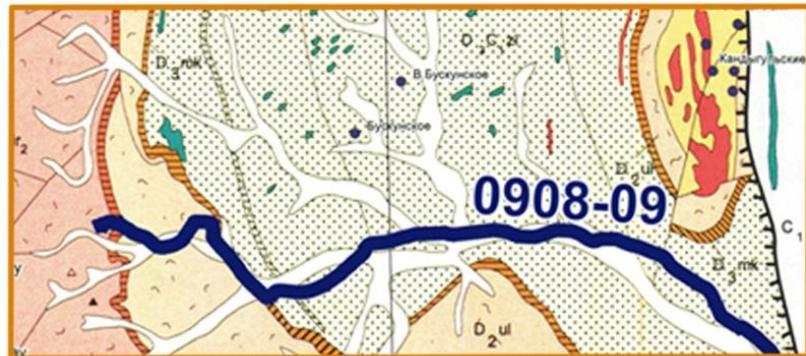
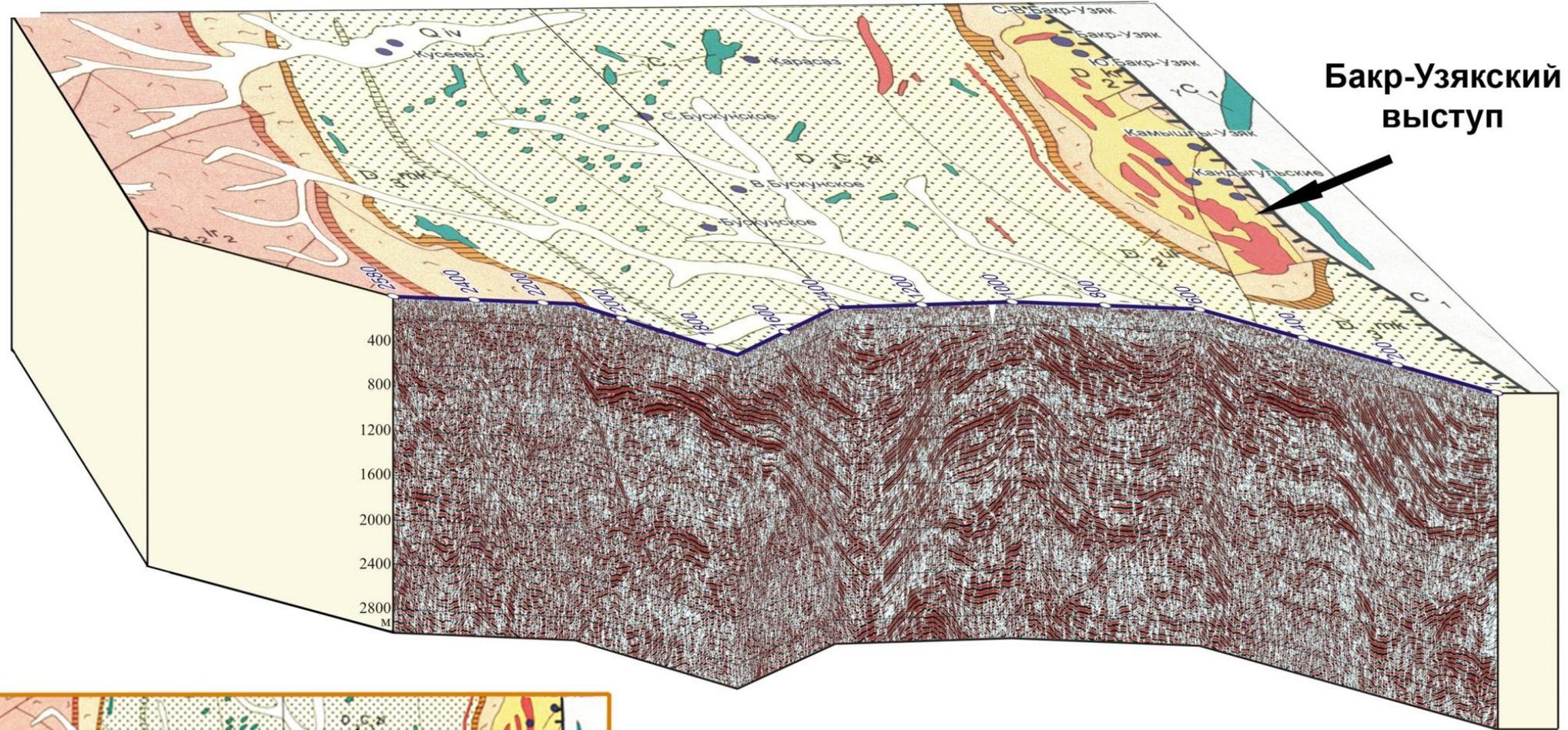
Южный Урал



Район проведения высокочастотной сейсморазведки



Орско-Сибайская структурно-формационная зона

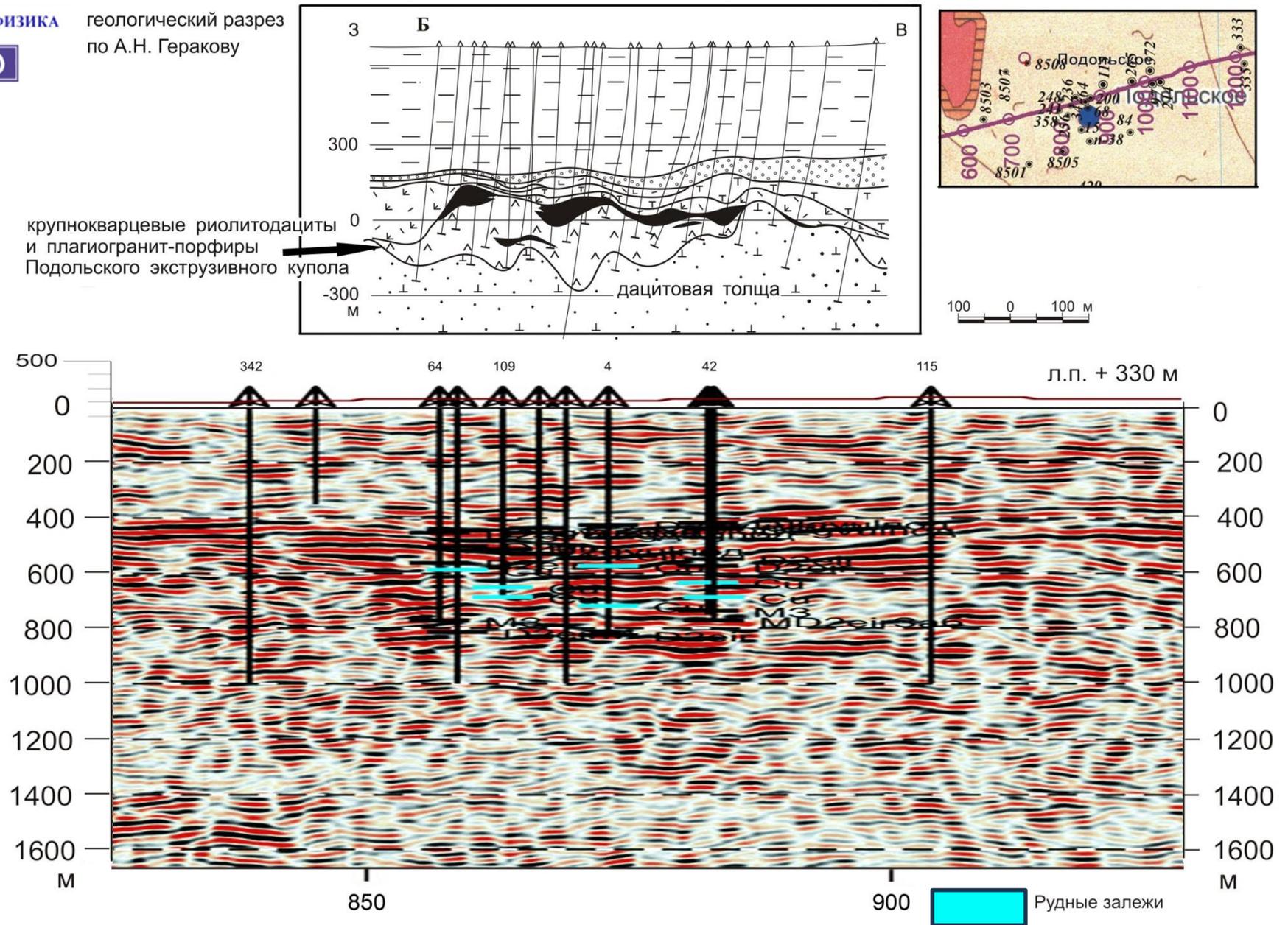


С

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО ПРОФИЛЮ 0908-09

Cu, Zn, Ag, Au

Подольское месторождение открыто в 1971 году. Кроме меди и цинка, присутствует сера, серебро и золото. Общие запасы руды оцениваются в 88,6 млн тонн. Рудное тело начинается на глубине 600 метров. Недропользователь: УГМК. Строительство подземного рудника началось в 2019 году. Добыча первой руды ожидается в 2032 году. Планируется создание двух наклонных шахт для выдачи руды, уходящих на глубину до 800 метров, и двух вертикальных шахт для спуска и подъёма людей.



Сейсмический “образ” Подольского месторождения (проф. 09-10-02)

Zn, Cu, Pb

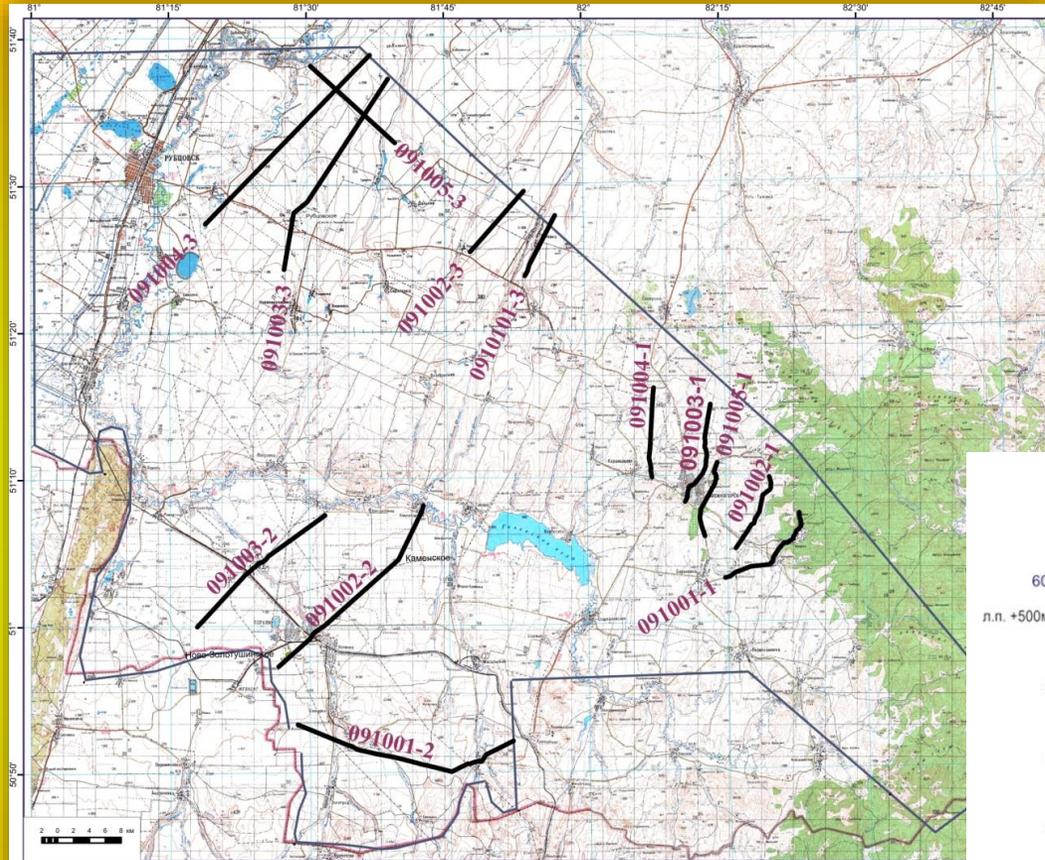
ОП СПЕЦГЕОФИЗИКА



ГФУП
ВНИИГеофизика



Заказчик: «Роснедра» (Б.К. Михайлов)



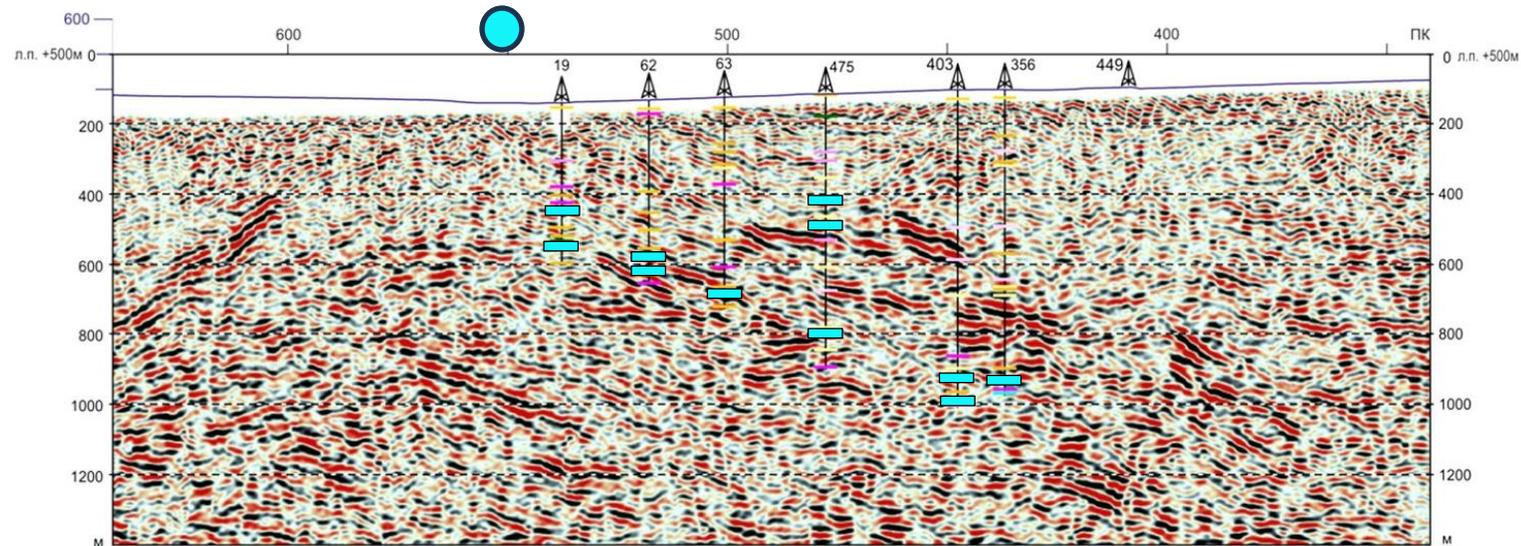
Рудный Алтай. Обзорная схема района работ МОГТ 2Д - ВРС (2010-2012 г.г., 200 пог. км)

Фрагмент сейсмического разреза в районе Корбалихинского месторождения. Профиль ОГТ 091003-1

Изучены особенности волнового поля месторождений:

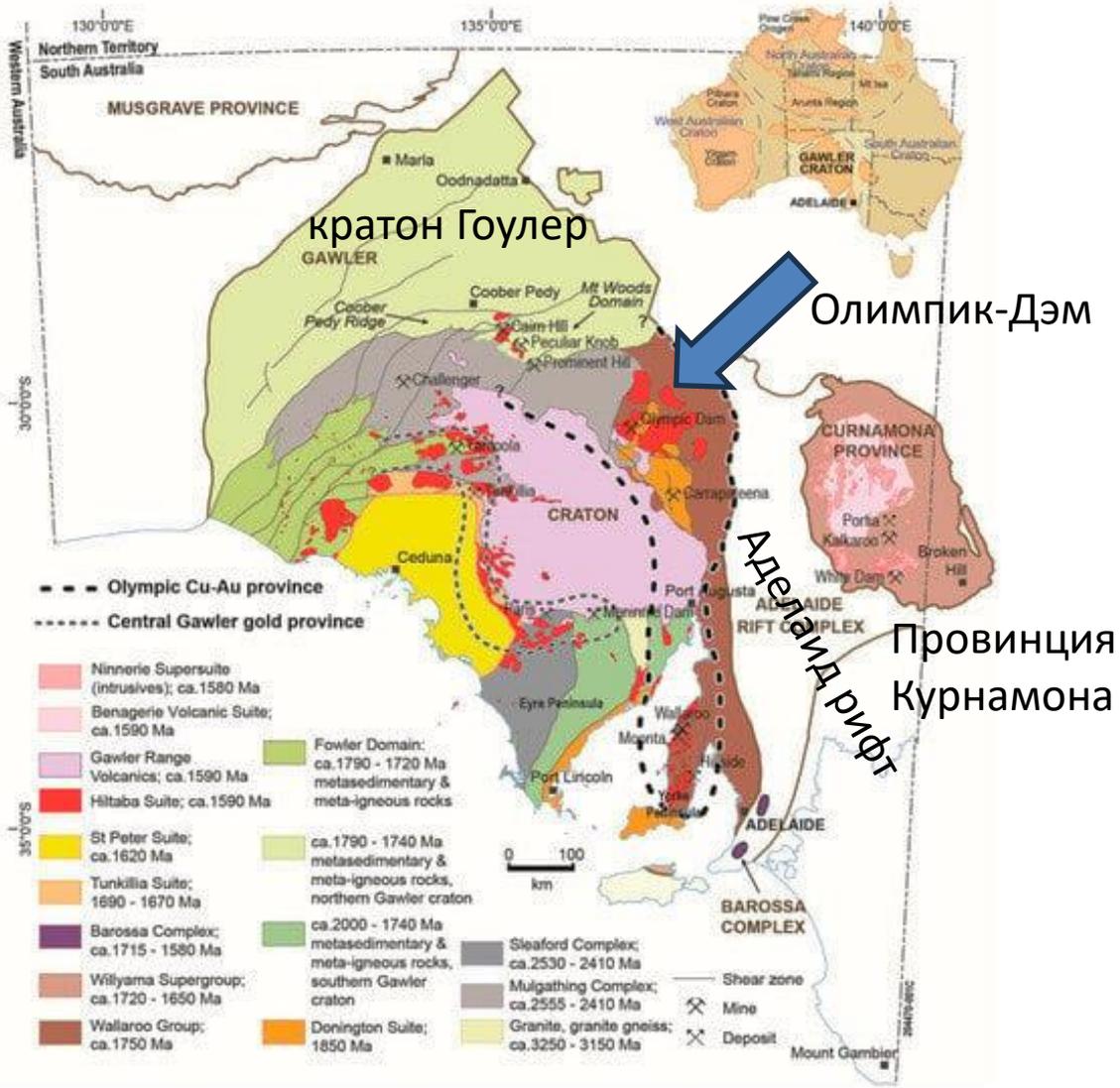
- ❑ Корбалихинское, Лазурское, Семеновское, Среднее, Зареченское (Змеиногорский рудный район);
- ❑ Золотушинское, Ново-Золотушинское, Юбилейное (Золотушинский рудный район);
- ❑ Степное, Таловское и Захаровское (Рубцовский рудный район).

Корбалихинское месторождение (Zn, Cu, Pb) Запасы полиметаллических руд залегают в диапазоне глубин 167÷863 м

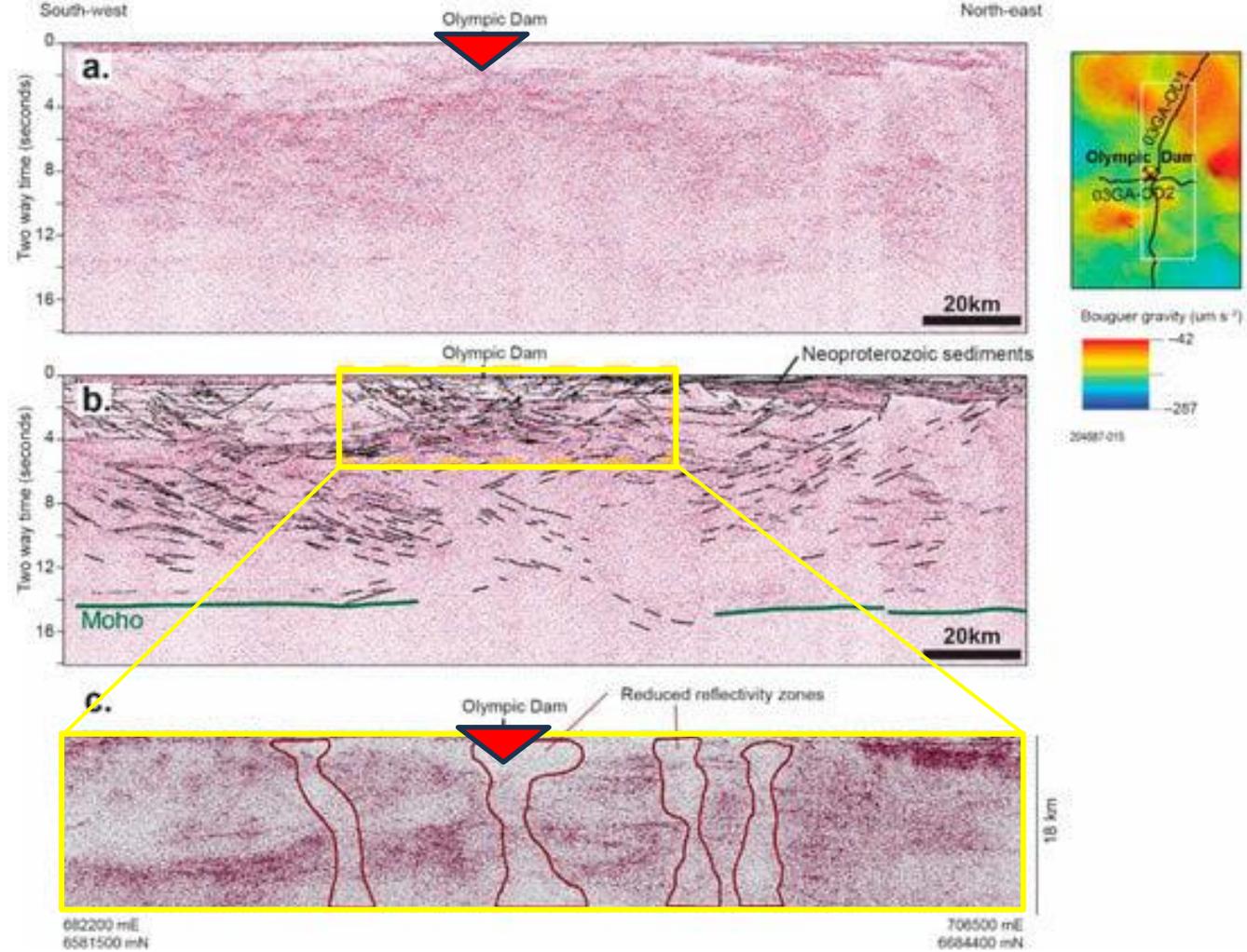


ПОДГОТОВКА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОАЛТАЙСКОГО ТИПА (ОП Спецгеофизика ГФУП ВНИИГеофизика, 2010 - 2011 г.г.)

Cu-Au-U



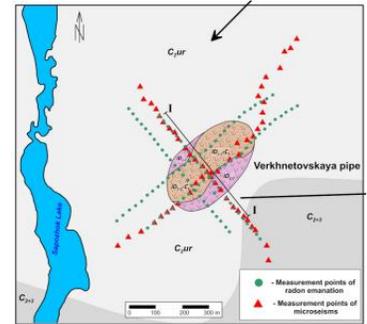
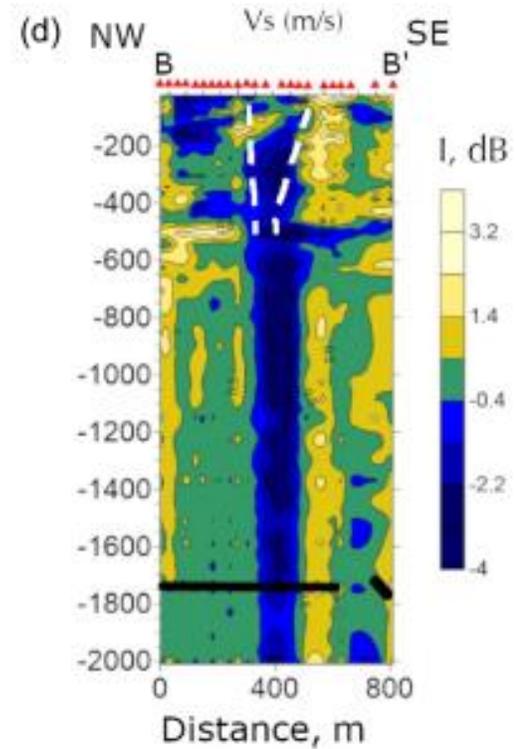
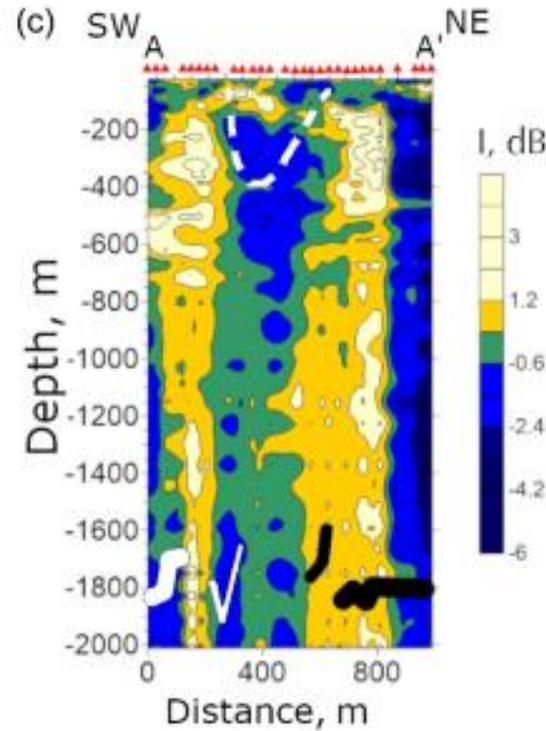
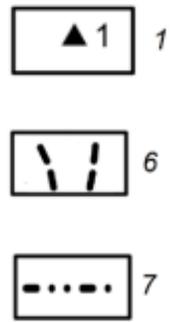
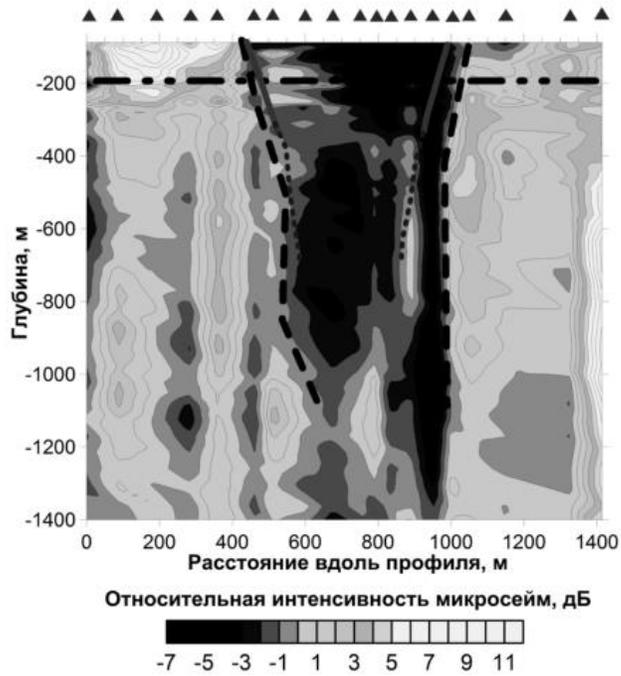
Сейсмический профиль 03GA-OD1 Geoscience Australia.



Cu-Au-U провинция Олимпик на геологической основе южной Австралии (Геологическая служба Южной Австралии, 2019).

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОБРАЗ И ЕГО ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДЛЯ РАЙОНА ОЛИМПИК-ДЭМ, ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ КРАТОНА ГОУЛЕР (АВСТРАЛИЯ). Anthony Reid, 2019.

ПОИСКИ И ИЗУЧЕНИЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК



Трубка **Чидвинская** (Г.П. Киселев, К.Б. Данилов, Е.Ю. Яковлев, С.В. Дружинин, 2016).

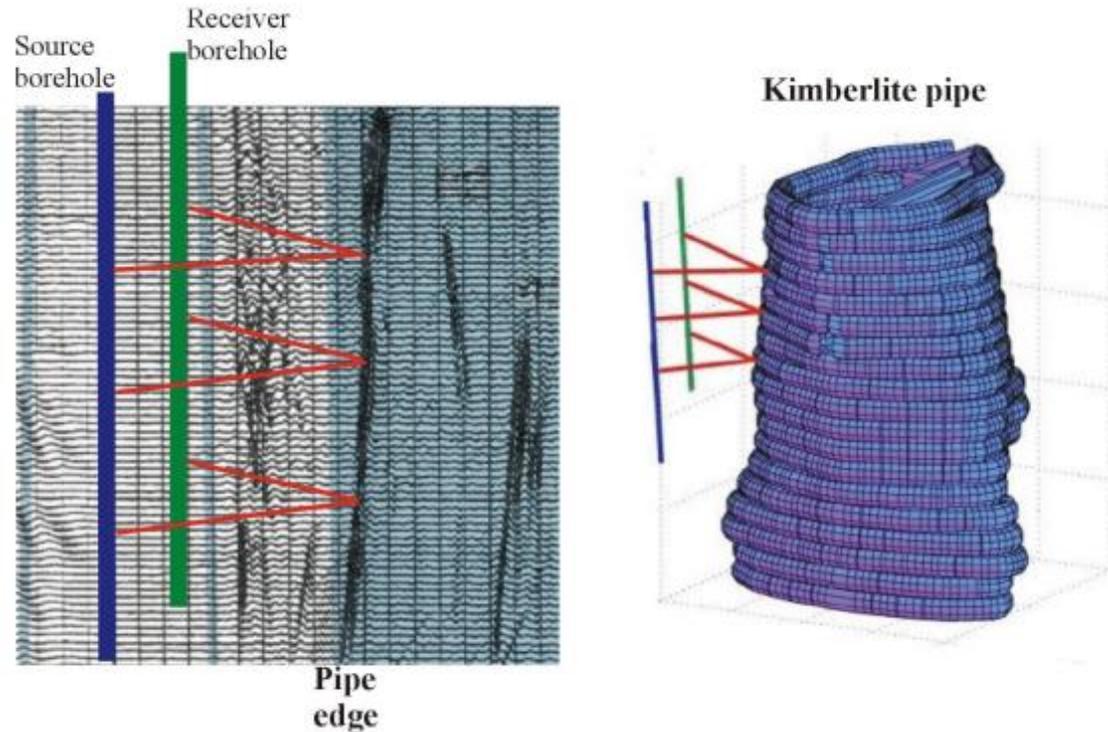
1 — точки измерений микросейсм, 6 — борта трубчатого тела по данным ММЗ; 7 — граница падунской и мезенской свит верхнего венда.

Верхнетовская трубка (К. В. Danilov Е. Yu Yakovlev N. Yu Afonin S. V. Druzhinin, 2022).

В пределах ААП, открытой в 1980 г., расположены два месторождения: им. В. П. Гриба и им. М. В. Ломоносова. На месторождении им. М. В. Ломоносова породы трубок практически полностью замещены глинистыми минералами (преимущественно сапонитом).

СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК АРХАНГЕЛЬСКОЙ АП ПО ДАННЫМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ММЗ).

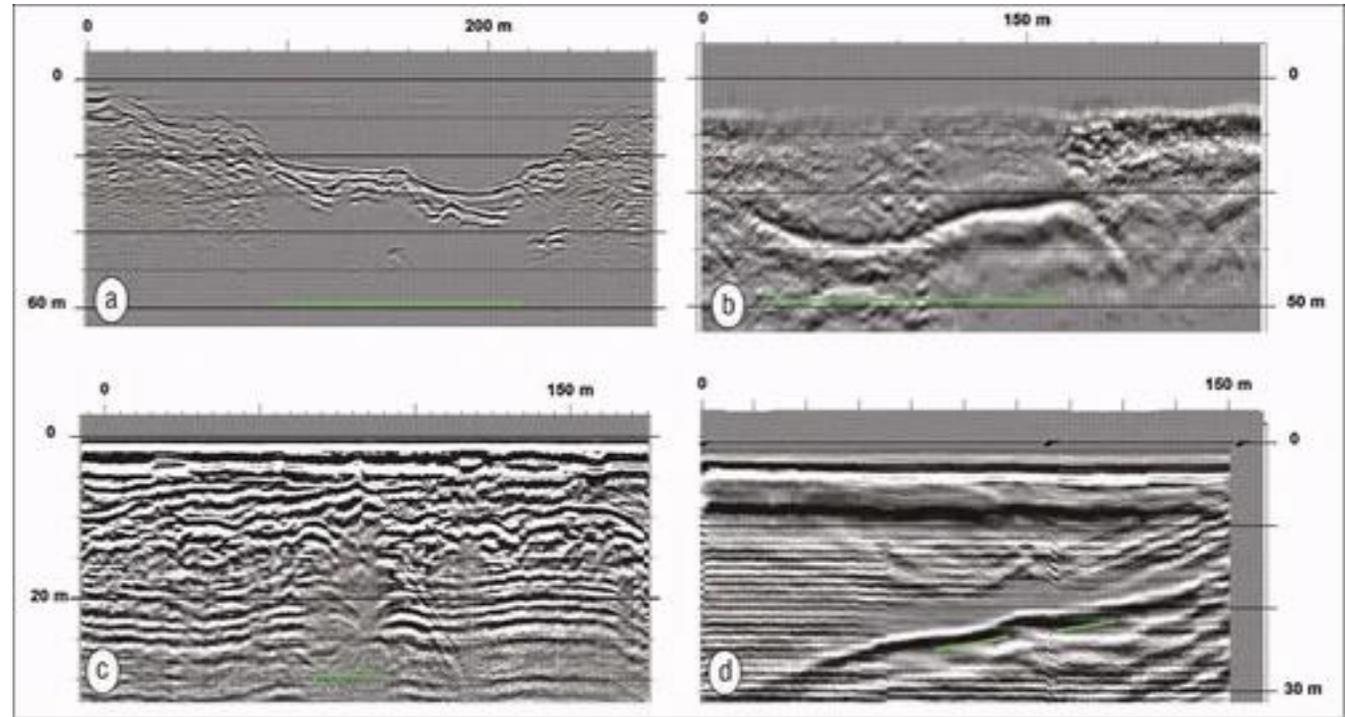
ПОИСКИ И ИЗУЧЕНИЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК



Оконтуривание кимберлитовой трубки высокочастотными (500-3000 Hz) сейсмическим зондированием отраженными волнами из скважин. The Finsch mine, Южная Африка.

(Nicoleta Enescu, VIBROMETRIC, 2017).

VIBSIST-SPH54 high-frequency seismic source;
TC32 Hydrophone String.



Георадарные сигналы кимберлитовых трубок и даек. Северная Канада (Д. Уайт, М. Пауэр, Д. Белкорт и Эд Рокел, 2023).

(a) Сигнал кимберлитовой трубки под озером на частоте 25 МГц.

(b) Сигнал кимберлитовой трубки на частоте 12,5 МГц под 40 м

покрывающих пород. (c) Сигнал георадара гипабиссальной

кимберлитовой дайки, прорывающей слоистый известняк, на

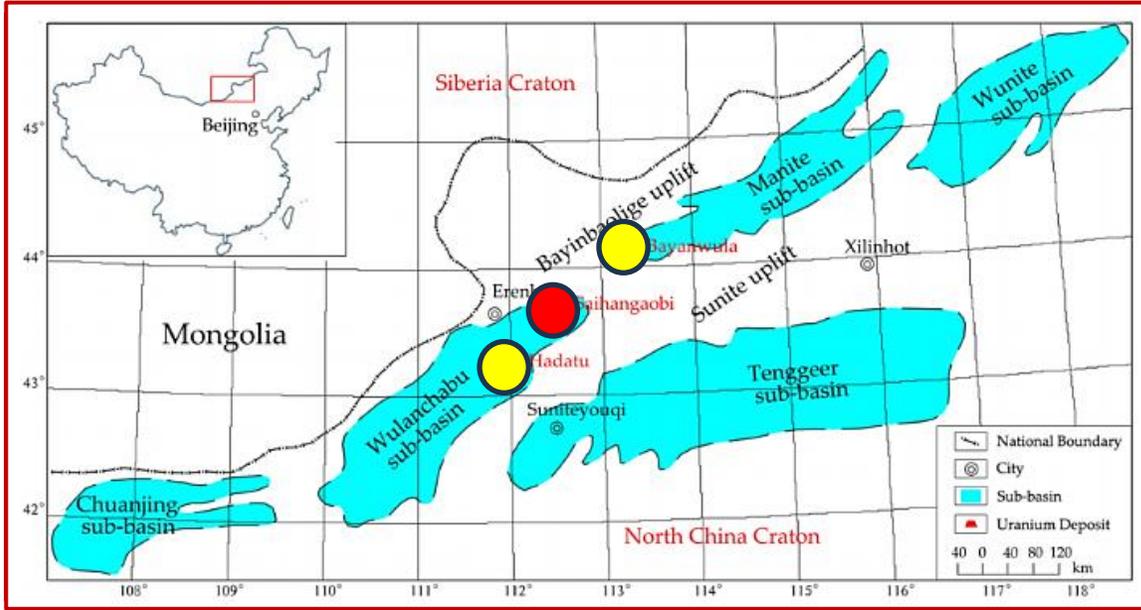
частоте 25 МГц. (d) Сигнал неглубоко падающей дайки на

частоте 25 МГц (кимберлит залегает под дайкой диабазы,

вершина которой является сильным отражателем).

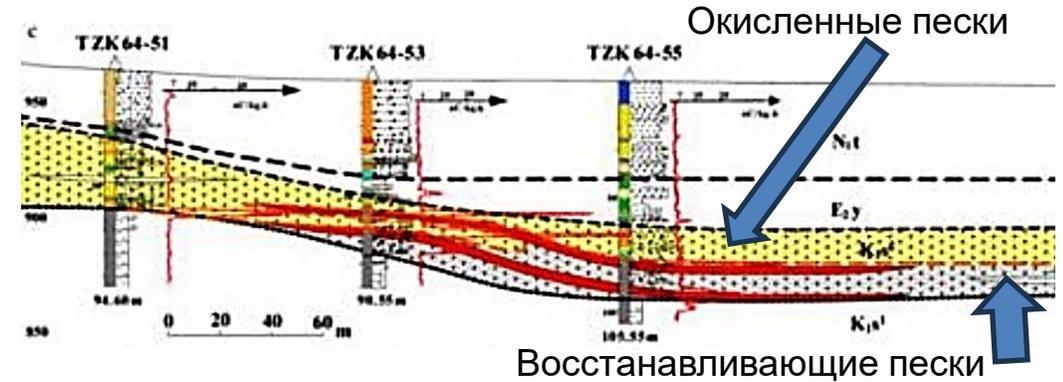
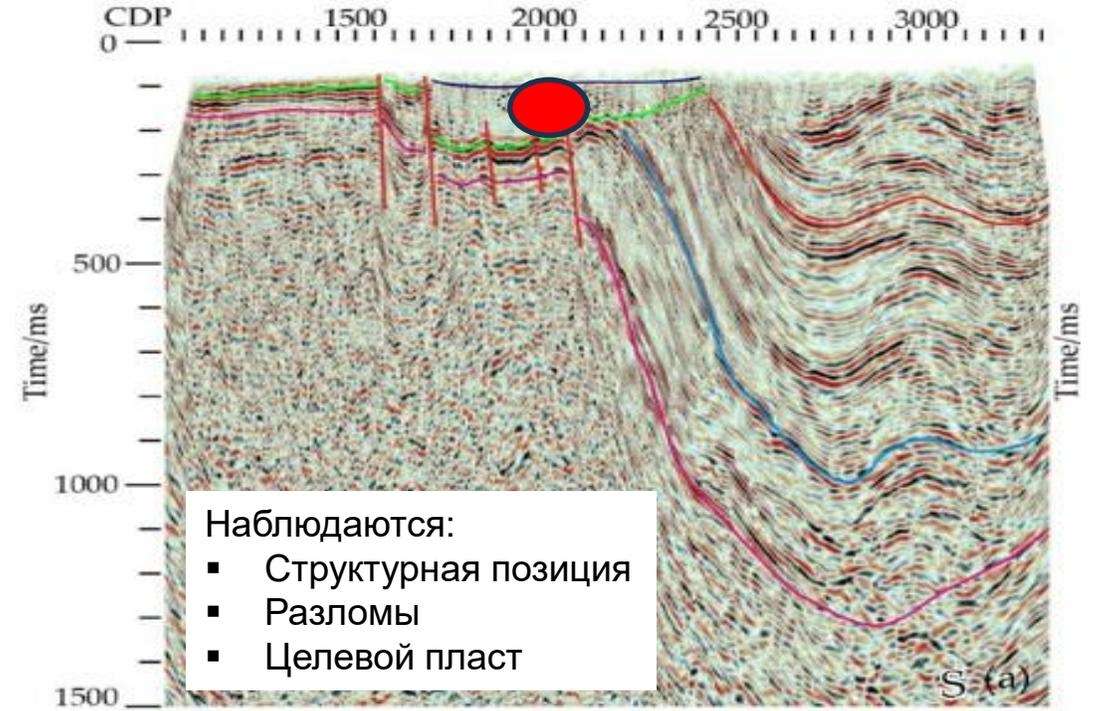


ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПОГРЕБЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ



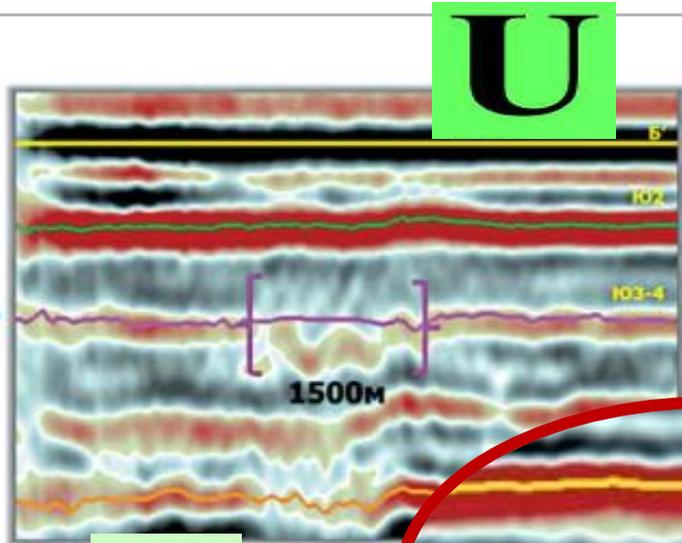
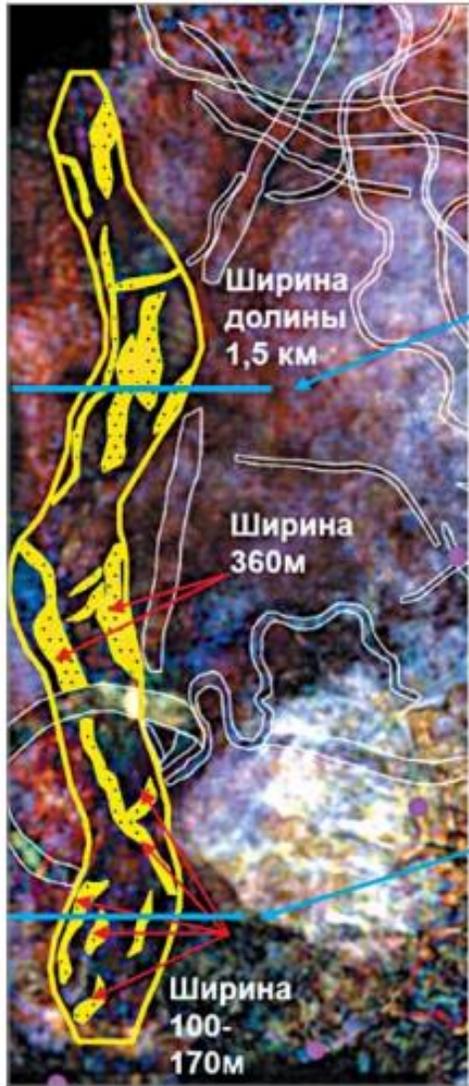
Параметры сейсморазведочных работ 2D и 3D

Items	TEST(2D)	BIG BASE(2D)	LONG CAN(2D)	HEXIN(3D)
Recording instrument	Summit II, NZXP	NZXP, ARIES, IMAGE	Sercel 428XL	Sercel 428XL
Record length(s)	1	4	4	4
Source and excited pattern	200 g explosive	1.5–2 kg explosive, KZ28 28,000 kg vibrator (10–80 Hz, 2–4 sweeps, 12 s length)	EV56 28,000 kg vibrator (3–110 Hz, 1–2 sweeps, 10 s length)	BV-620LF 28,000 kg vibrator (3–120 Hz, 1–2 sweeps, 10 s length)
Source interval(m)	40	20–40	20	20
Geophones group interval (m)	20	10	10	10
Geophones per group	1	1–4 at one receiving point	4–10 at one receiving point	4 at one receiving point
Natural frequency of Geophone (Hz)	60	10–40	10	5
Number of recording channels	24	144	240	2048
Folds	6	24	60	120

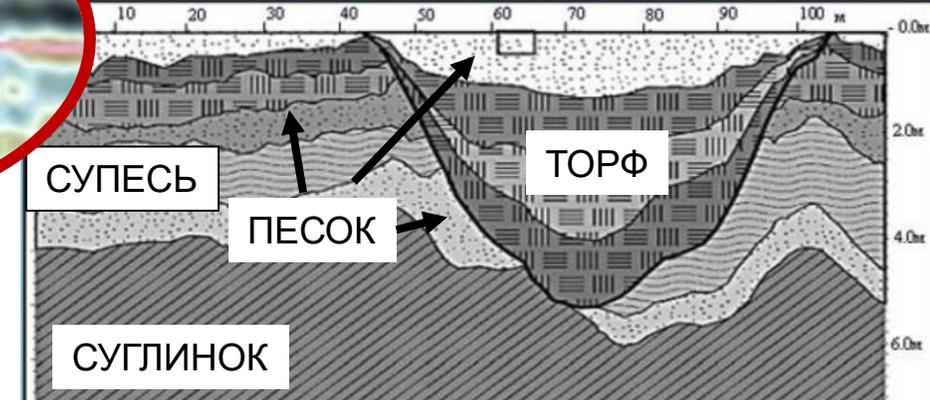
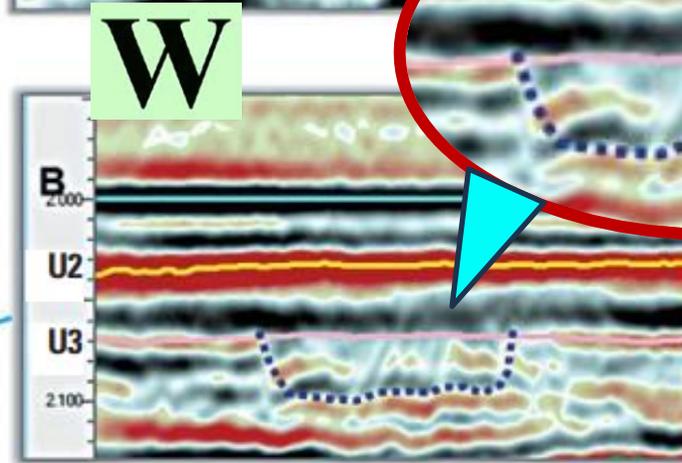
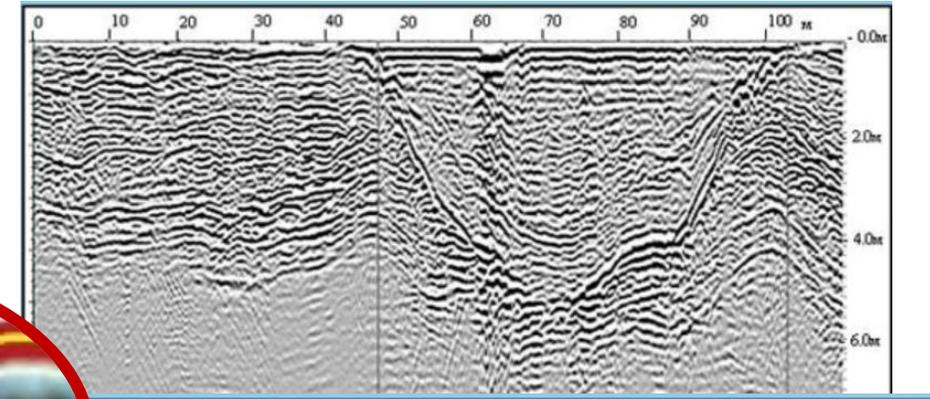


БАССЕЙН ЭРЛИАН (КИТАЙ): СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОБРАЗ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА ПЕСЧАНИКОВОГО ТИПА «САЙХАНГОБИ» (Qubo Wu, Yanchun Wang, Ziyang Li, et.al, «2D and 3D seismic survey for sandstone-type uranium deposit and its prediction patterns, ERLIAN basin, CHINA». Minerals 2022, 12)

ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПОГРЕБЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ



Sn



Pt

ОТРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ РУСЛОВОГО ГЕНЕЗИСА (НА РАЗРЕЗАХ И КАРТЕ RGB-СУММЫ. ЗСП, Интервал пласта ЮЗ-4 (О.Я. Кирзелёва, Т.Н. Кирьянова и др., 2021)

ШИРОКОПОЛОСНАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ. ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДО ГЛУБИНЫ 8 М. (HTTPS://INTUIT.RU/STUDIES/...)

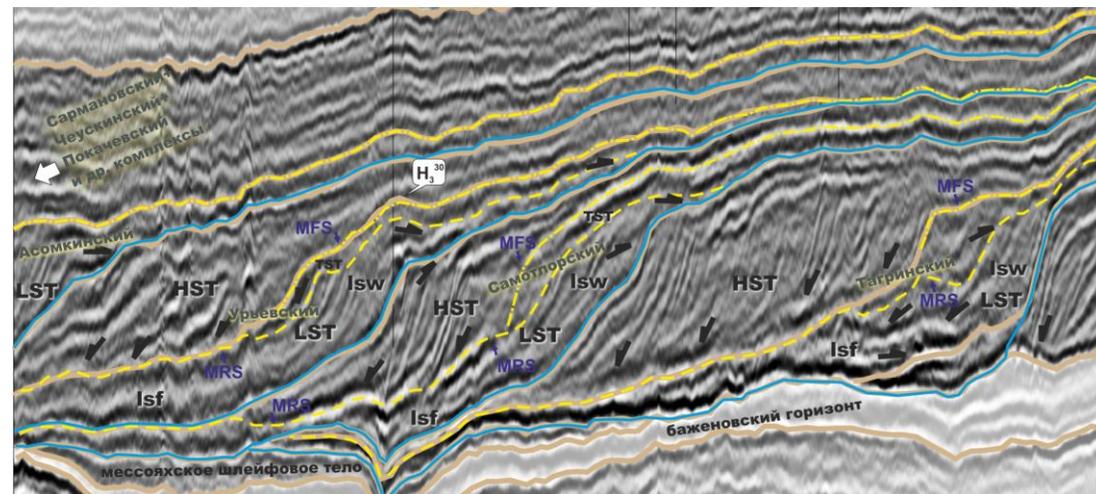
ПОИСКИ ПОГРЕБЕННЫХ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ti
Zr

Основу региональной сейсмостратиграфии составляют: изохронность типовых отражений и связь рисунка сейсмической записи с фаціальным (вещественным) составом отложений

А.Е. Шлезингер
РЕГИОНАЛЬНАЯ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЯ
М.: Научный мир, 1998

Р.Р. ГАБДУЛЛИН, Л.Ф. КОПАЕВИЧ, А.В. ИВАНОВ
М.: МАКС Пресс, 2008
СЕКВЕНТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

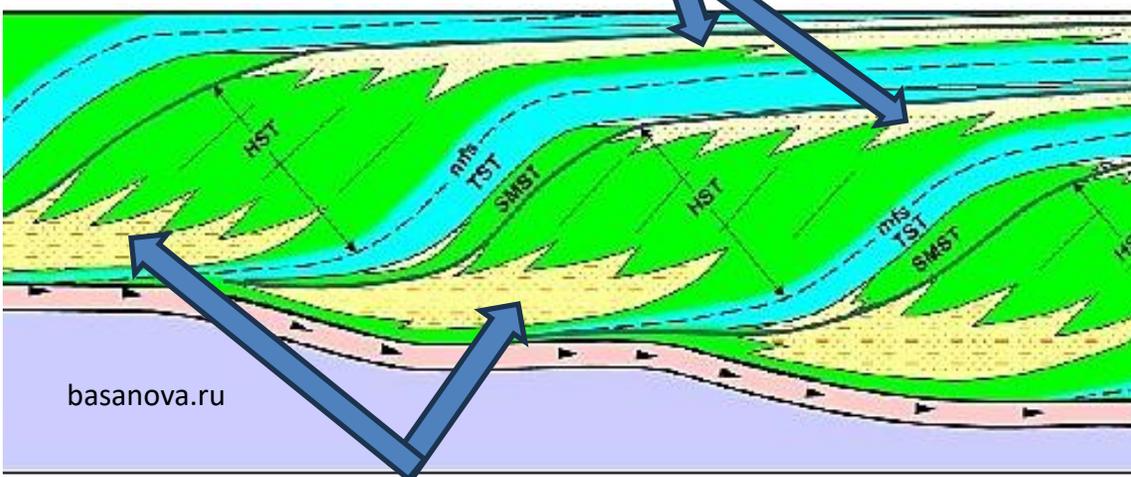


ЗСП. Фрагмент сейсмического разреза ачимовской толщи (K₁) Большешетской впадины (А.О. Шуваев, 2017)

Фаціальные ряды - (системы/системные тракты), образовавшиеся в условиях, контролируемых положением уровня моря:

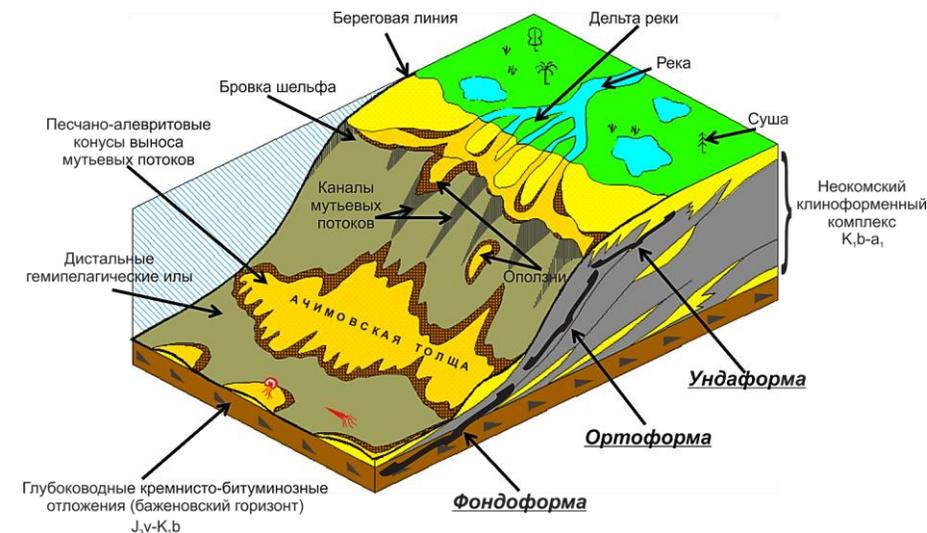
Секвенция - элементарное стратиграфическое подразделение соответствующее одному трансгрессивно-регрессивному циклу.

Песчаные шельфовые отложения



Песчано-алевритовые дистальные отложения

HST - тракты высокого стояния
TST - тракты трансгрессий
SMST – тракты шельфовых окраин
Mfs - поверхность максимального затопления



ОТРАЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОГО ГЕНЕЗИСА НА СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗАХ

Sn 428, 508 XT (Fr)
G3i (Ch-USA)
UniQ (USA)
Прогресс Т3 (Rus)



УВС

ТЕЛСС-403



48 Канальная расстановка с трехкомпонентным геофоном

ПМ1 ПМ2 ПМ3 ПМ4 ПМ5 ПМ6 ПМ7 ПМ8

До 200 активных каналов

ПМ45 ПМ46 ПМ47 ПМ48

ОАО «Геосигнал»



ОАО «Геосигнал»

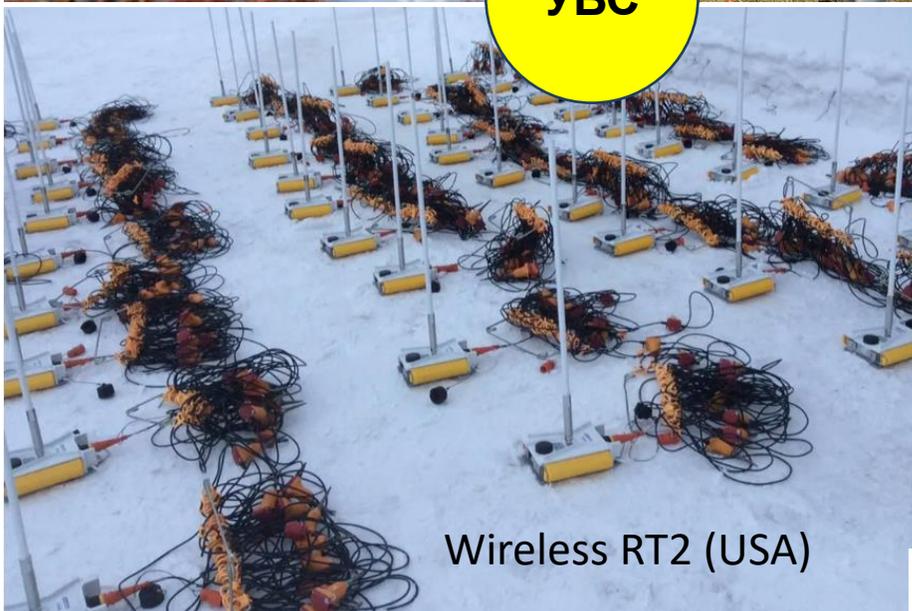
**УВС,
ТПИ**



SCOUT
(СКБ СП)



NuSeis™
(GTI США)



Wireless RT2 (USA)



SmartSolo (Ch)

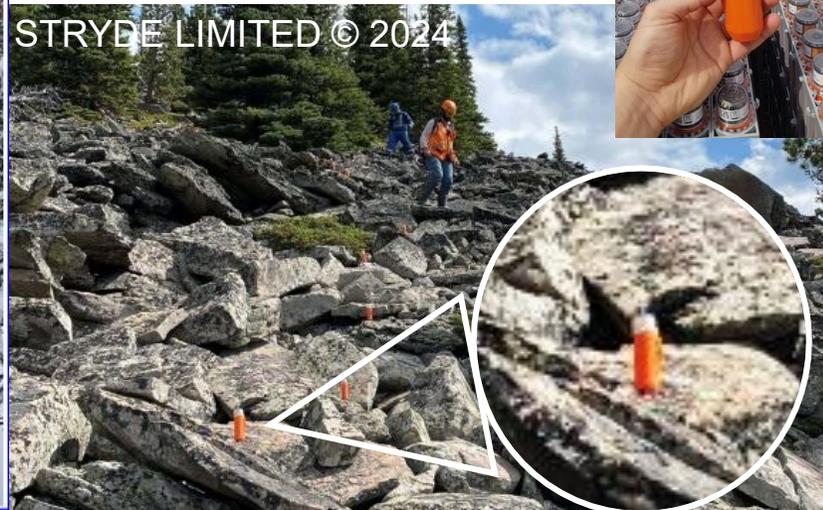


Геотом/Геосейс



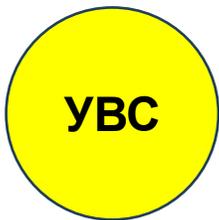
Nimble node, 2018
(BP/Rosneft/WesternGeco)

STRYDE (BP)
STRYDE LIMITED © 2024



ТЕХНОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ ПОКОЛЕНИЕ АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОВ-ОГТ

Вибрационные



СВ-5/300В, Ч/Д = 5-450 Гц, 9000 кг
ОАО «ГЕОСВИП»



ИДД-20 «Волгарь» 20 кНт
ОАО «ГЕОСВИП»

Буро-взрывные



ГЕОТЕК, 2017

Взрывные



Геотон/Геосейс



Лучший переносной источник

Молот AWD, Бойки 10, 20, 33 и 40 кг. Масса в сборе ≤ 100 кг (geodevice.ru)



PinPoint Source (Can):
Общий вес 10 кг,
Хим заряд – 1 кг

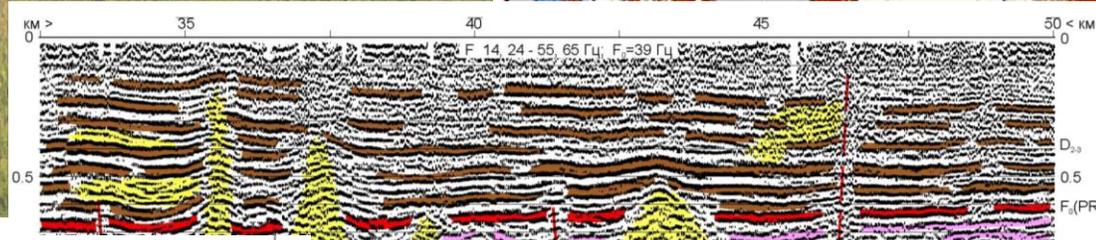
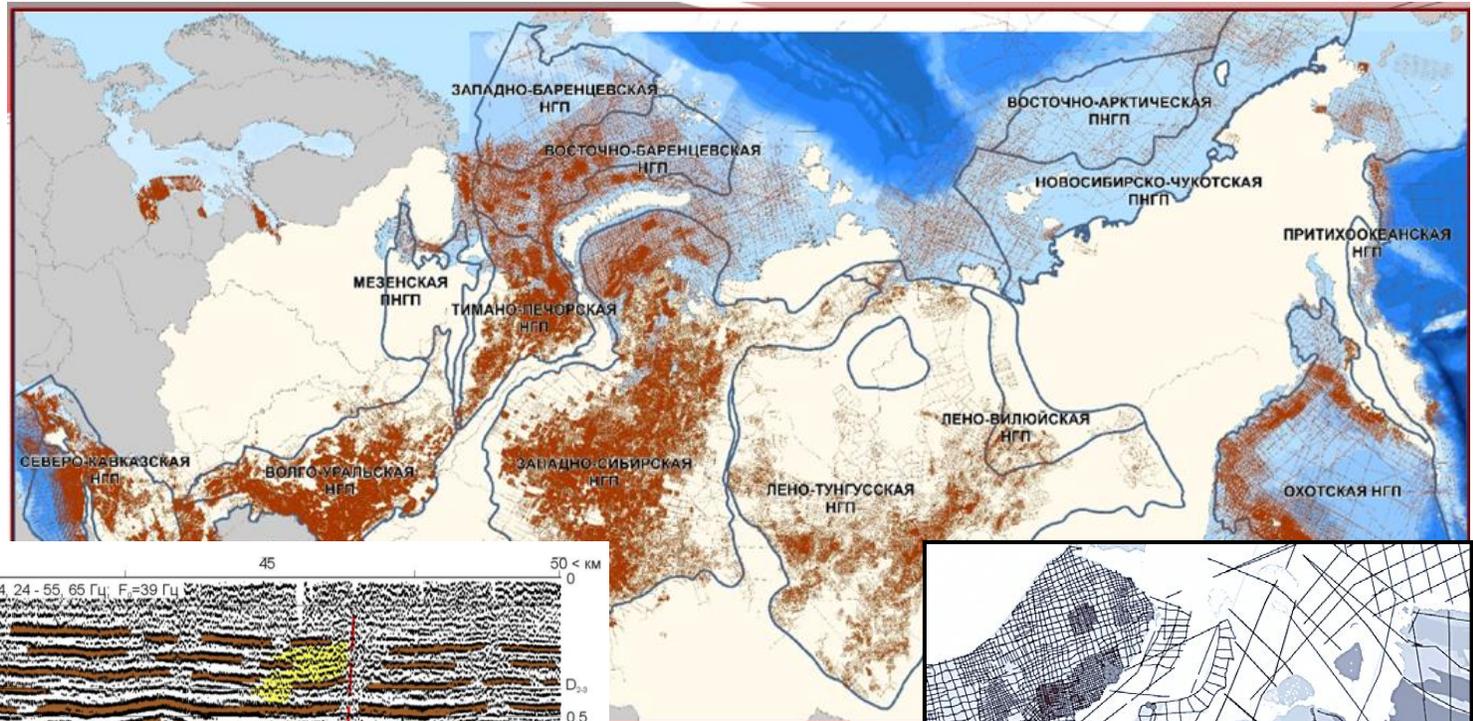
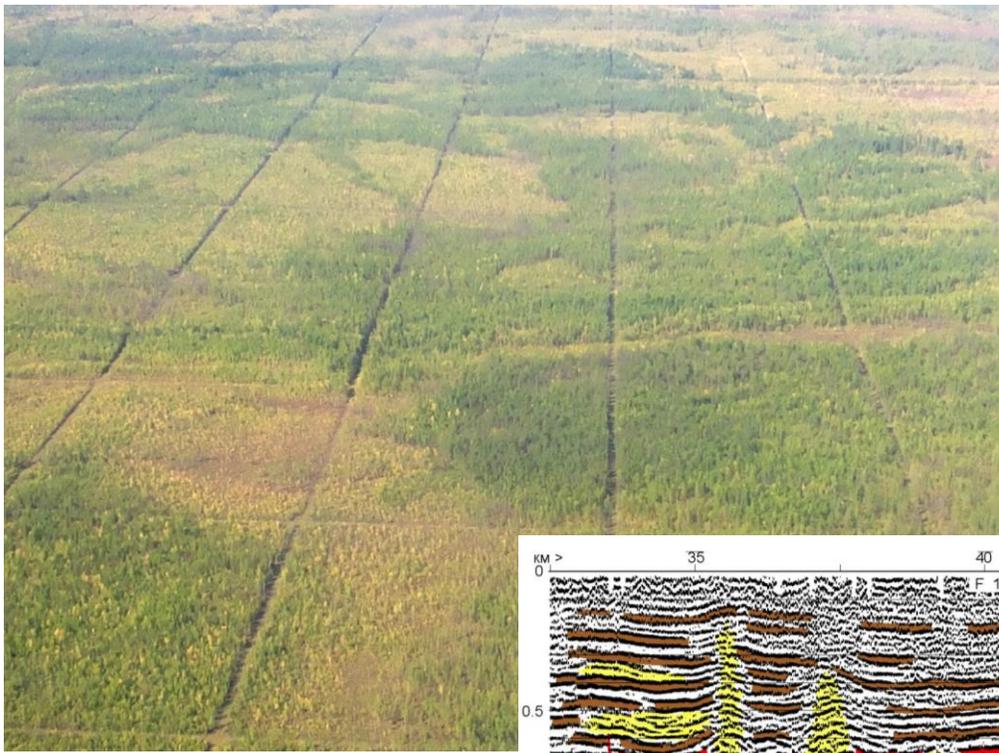


Енисей/Енисейгеофизика

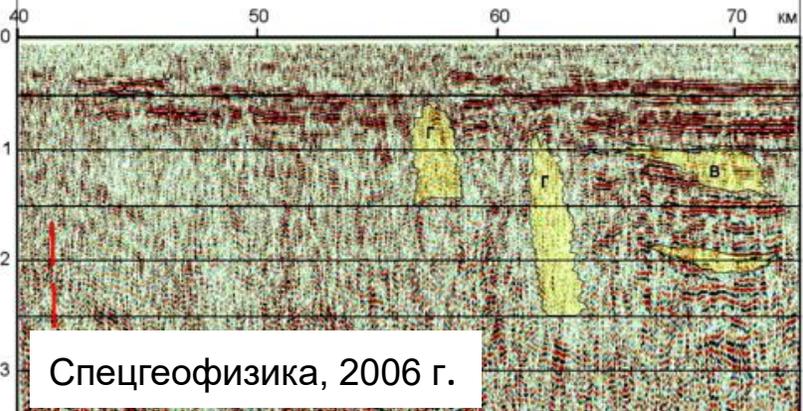
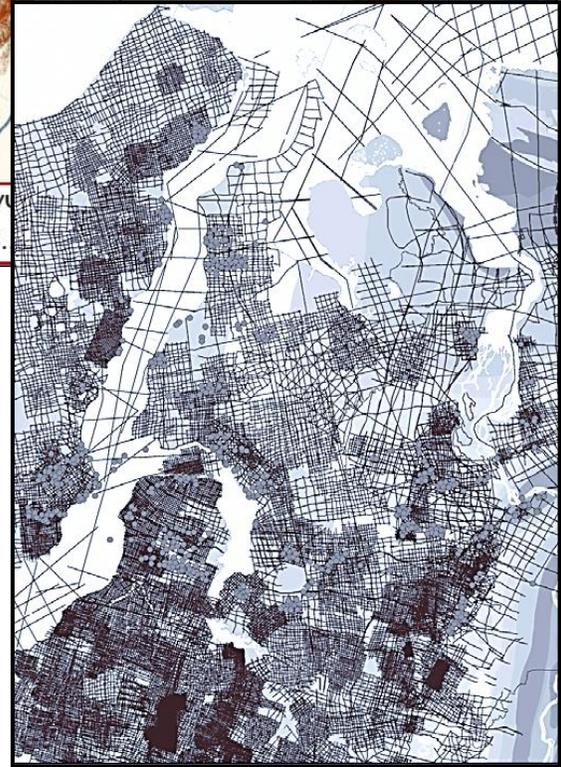


Импульсные (электро-магнитные)

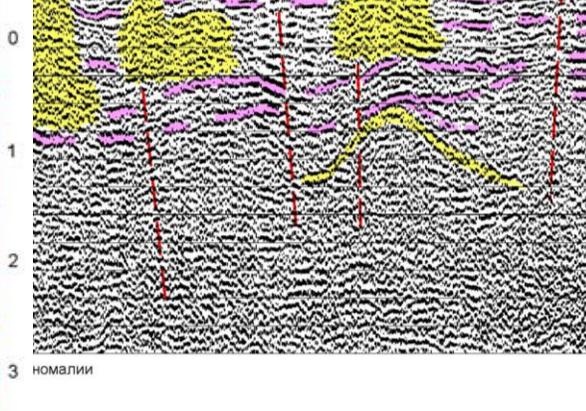
ТЕХНОЛОГИИ: ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ДЛЯ РАБОТ ОГТ



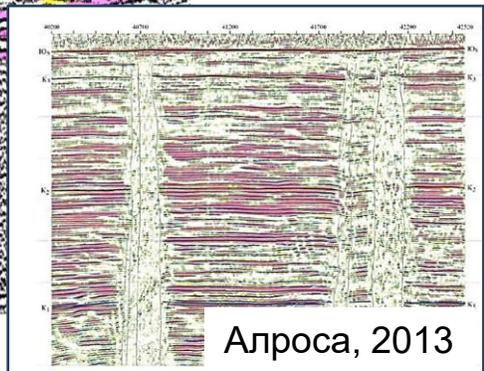
СЕЙСМИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ
(Касапаров О.С.)



Спецгеофизика, 2006 г.



номалии



Алроса, 2013

ИЗУЧЕННОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКОЙ во многих районах превышает 1,5 пог.км/км².
Необходима переобработка и интерпретация имеющихся данных с применением современных технологий и ПО для целей поиска месторождений ТПИ

- 
1. *Современная сейсморазведка – эффективный метод распознавания структуры, литологического и петрографического состава, напряженного состояния и вторичных изменений геологического разреза, отражающих генетическую матрицу формирования и локализации полезных ископаемых.*
 2. *Комплексное применение геологических, геохимических и геофизических технологий, включая сейсморазведочные методы, существенно повышает результативность поисково-разведочных работ на твердые полезные ископаемые, находящиеся в перекрытом (погребенном) залегании.*
 3. *Создание отечественных аппаратно-технических средств и совершенствование сейсморазведочных методов – неотъемлемая задача в области повышения эффективности геофизических исследований недр и поиска месторождений в Российской Федерации.*

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!