



## Применение малоглубинной сейсморазведки на объектах Среднего Тимана

В. В. Удоратин, А. Ш. Магомедова, Ю. Е. Езимова, А. В. Зелионко

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия  
udoratin@geo.komisc.ru

На территории Среднего Тимана, в пределах южной части Четласского поднятия, проведена малоглубинная сейсмическая разведка методом преломленных волн (МПВ) с целью определения возможности применения метода для поиска геологических тел типа «трубка взрыва». Объектами исследования являлись кимберлитовая трубка «Верхнемезенская», которая была эталоном, а также магнитные аномалии «Павьюгская» и «Каменская», имеющие изометричную форму, как объекты опробования. Предварительно осуществлялась магнитометрическая съемка по сети профилей с целью определения контура аномалий и локализации на местности для заложения сейсмического профиля. При проведении работ регистрация колебаний производилась с помощью 48-канальной линейной сейсмической станции SGD-SEL. Шаг между пунктами приема составлял 5 м, шаг между пунктами возбуждения – 10 м, общая длина расстановки – 235 м. При возбуждении сейсмических волн использовались удары кувалдой массой 10 кг, при обработке рассматривались преломленные волны.

В результате исследований на сейсмограммах по области потери корреляции, уменьшения интенсивности сейсмических волн, а также изменения формы первых вступлений хорошо выделяется зона, которая полностью соответствует местоположению Верхнемезенской трубки взрыва по геологическим данным.

Магнитная аномалия «Павьюга» в волновом поле характеризуется аномальной областью с повышенными значениями скоростей. Сейсмическая запись на магнитной аномалии «Каменская» представлена без аномальных зон и потери корреляции сейсмической записи.

Применение малоглубинной сейсморазведки МПВ показывает возможность использования метода для выделения границ геологических структур по неоднородностям среды. Глубинность метода определяется мощностью источника и длиной расстановки и в подавляющем большинстве наших исследований не превышает 30–50 м при расстановке в 235 м.

**Ключевые слова:** малоглубинная сейсморазведка, линейная сейсмическая станция, сейсмограммы, скоростной разрез, сейсмические волны, Средний Тиман

## Shallow seismic survey in the Middle Timan

V. V. Udoratin, A. Sh. Magomedova, Yu. E. Ezimova, A. V. Zelionko

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia

We conducted shallow seismic exploration in the Middle Timan region to study the depth and spatial distribution of geological bodies. The study focused on the «Verkhmenezenskaya» kimberlite pipe, and the «Pavyuga» and «Kamenskaya» magnetic anomalies, located within the southern part of the Chetlas uplift.

Analysis of the seismograms revealed distinct anomalies in the form of changes in first-arrival waveforms, loss of correlation, and reduced seismic wave intensity. These features clearly delineated the «Verkhmenezenskaya» pipe, and the «Pavyuga» magnetic anomaly zone.

The shallow seismic survey proved effective in mapping geological boundaries based on vertical heterogeneities. The investigation depth, determined by the energy of the seismic source and the spread length (235 m in this case), typically did not exceed 30–50 m., and in the vast majority of cases did not exceed 30–50 m with an alignment of 235 m.

The use of shallow seismic exploration (refraction method) supported this method to identify the boundaries of geological structures based on the heterogeneities of the environment.

**Keywords:** shallow seismic exploration, linear seismic station, seismograms, velocity section, seismic waves, Middle Timan

### Введение

Под малоглубинной геофизикой понимают совокупность геофизических методов изучения строения верхней части разреза (ВЧР) на глубины до первых сотен метров. Основной (базовый) комплекс, как правило, включает магнито-, электро- и сейсморазведку, к вспомогательным методам относятся георадиолокация, микромагнитная и микрогравиметрическая съемки, методы радиометрии и ядерной геофизики (Манштейн, 2002; Боганик, Гурвич, 2006; Белоусов и др., 2014).

В настоящее время круг задач, стоящих перед малоглубинной геофизикой, достаточно широк: изучение геологии ВЧР, изыскания для строительства, проверка строения дорожной насыпи, картирование карьеров, обследование торфяных болот, зон вечной мерзлоты и растепления, сопровождение археологических работ, изучение геологического строения, поиск малоглубинных месторождений полезных ископаемых и т. д. (Манштейн, 2002; Боганик, Гурвич, 2006; Белоусов и др., 2014).

**Для цитирования:** Удоратин В. В., Магомедова А. Ш., Езимова Ю. Е., Зелионко А. В. Применение малоглубинной сейсморазведки на объектах Среднего Тимана // Вестник геонаук. 2025. 11(371). С. 33–41. DOI: 10.19110/geov.2025.11.4

**For citation:** Udoratin V. V., Magomedova A. Sh., Ezimova Yu. E., Zelionko A. V. Shallow seismic survey in the Middle Timan. Vestnik of Geosciences, 2025, 11(371), pp. 33–41, doi: 10.19110/geov.2025.11.4



В настоящей статье внимание будет уделено использованию малоуглубинной сейсморазведки для возможности применения метода при поиске геологических тел типа «трубка взрыва». Наибольшее распространение среди сейсмических методов изучения ВЧР получил метод преломленных волн (МПВ), направленный на регистрацию преломленных и поверхностных волн.

При изучении более глубоких частей разреза и решении сложных структурно-геологических задач (расчленение геологического разреза) применяют метод отраженных волн (МОВ), разрешающая способность и точность структурных построений которого выше, чем при использовании МПВ. Сравнительно редкое применение МОВ связано с трудностями проведения полевых работ и способов обработки сейсмических данных, гарантирующих надежную регистрацию отраженных волн от неглубоко залегающих границ и их последующее выделение в процессе обработки (Манштейн, 2002; Боганик, Гурвич, 2006; Белоусов и др., 2014).

При изучении малых глубин длина волны импульса источника соизмерима с расстоянием до изучаемых геологических границ. Большинство процедур обработки отраженных волн (миграция, деконволюция и др.) действуют в предположении «дальней зоны», т. е. когда длина волны источника во много раз меньше глубины залегания целевых горизонтов. В малоуглубинной сейсморазведке обычно используются низкочастотные источники сейсмических волн (кувалда, механические системы типа «падающего груза»), поэтому частоты отраженных волн для приповерхностной части разреза недостаточно велики для детального изучения слоев небольшой мощности и выделения локальных неоднородностей. В процессе обработки «неглубокие» (до 100 м) отражения часто теряют значительную часть своего высокочастотного спектра. Полевые сейсмограммы малоуглубинного МОВ характеризуются низким соотношением «сигнал/помеха» из-за большого количества источников шума, а малая кратность суммирования является причиной невысокой вертикальной разрешенности итоговых временных разрезов. Часто значительная часть полезной сейсмической записи перекрыта высокоамплитудным цугом поверхностных волн, обладающих сильной дисперсией. Нередко выделение однократных отражений на их фоне невозможно из-за интерференции и близких характеристик полезных волн и волн-помех (Манштейн, 2002; Боганик, Гурвич, 2006; Белоусов и др., 2014).

Ввиду значительных ограничений применения МОВ на данный момент основным способом сейсмических исследований для верхней части разреза является метод преломленных волн. Это связано с относительной легкостью выделения этих типов волн, регистрируемых в первых вступлениях, оперативностью сбора данных, простотой обработки материалов и надежностью получаемых результатов (Манштейн, 2002, Боганик, Гурвич, 2006, Белоусов и др., 2014).

Особенностями малоуглубинной сейсморазведки являются:

- малый шаг по пунктам возбуждения (ПВ) и пунктам приема (ПП) (от 2 до 10 метров);
- тип источника (маломощное вертикальное или горизонтальное возбуждение колебаний, как правило

невзрывное) и, как следствие, более низкий частотный состав записи;

- тип регистрируемых волн (продольные и поперечные);
- техногенные и геологические помехи, их характер и учет при проектировании методики работ;
- специфика строения ВЧР, связанная с геологией современных отложений (Манштейн, 2002; Боганик, Гурвич, 2006; Белоусов и др., 2014).

Цель наших исследований заключается в определении возможности применения метода для поиска геологических тел типа «трубка взрыва», залегающих близко к поверхности (первые десятки метров).

### Аппаратура и методика исследований

При проведении работ регистрация колебаний производилась с помощью 48-канальной линейной сейсмической станции SGD-SEL (SGD-SEL — Sib Geo Device — Seismic Engineering Linear) (ООО НПК «СибГеофизПрибор»). Шаг между пунктами приема составлял 5 м, шаг между пунктами возбуждения — 10 м, общая длина расстановки — 235 м. Возбуждение сейсмических волн осуществлялось ударами кувалды массой 10 кг по специальной плашке.

Сейсмограммы записывались на жесткий диск станции в формате SEG-Y длиной 4000 мс при шаге дискретизации 1 мс.

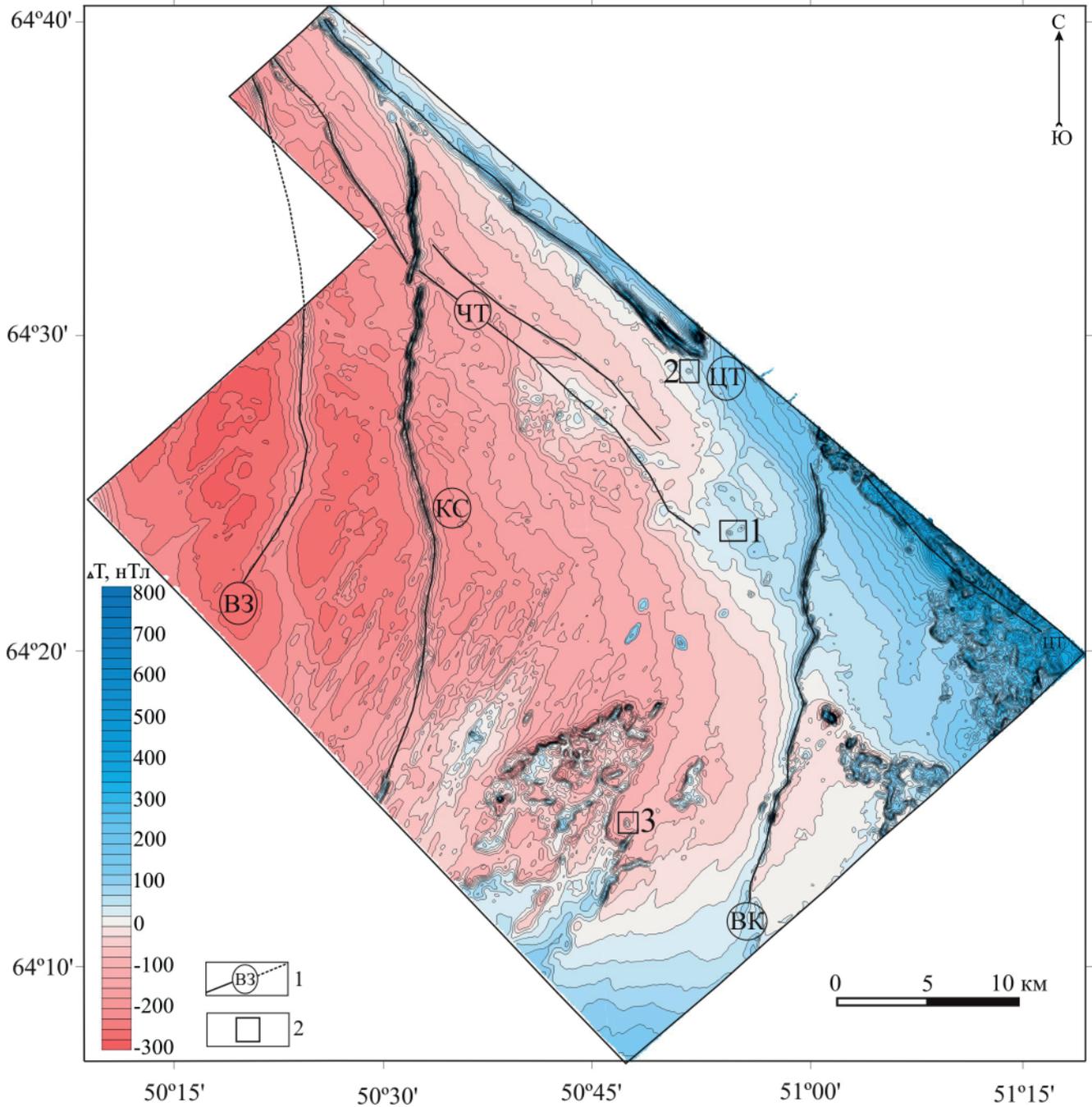
Выделение полезного сейсмического сигнала на фоне помех выполнялось в режиме накопления воздействий. В сейсморазведке широко применяется синхронное накопление колебаний с целью ослабления нерегулярных волн-помех. Современная регистрирующая аппаратура позволяет проводить достаточно большое число накоплений, однако на практике оно редко превышает десять из-за быстрого снижения эффекта накапливания с ростом их числа и значительных затрат времени. Поэтому при небольшом уровне помех стремятся уменьшить число накоплений. Нами проводились опытные работы перед началом исследований, и количество накоплений составляло 4–6 в зависимости от уровня микросейсм.

Обработка материалов, полученных по методу преломленных волн, проводилась в программном пакете ZondST2D, предназначенном для двумерной обработки и интерпретации данных инженерной сейсморазведки.

На начальном этапе выполнялось суммирование сейсмограмм и введение поправок значений отметки момента вступления сейсмической волны, а также геометрии наблюдений. Затем анализировался частотный состав сигнала и соотношение «сигнал/помеха», при необходимости выполнялась полосовая фильтрация данных.

На следующем этапе осуществлялось выделение времени первых вступлений (пикирование) и построение годографов. Для контроля качества корреляции использовалось совместное представление взаимных трасс и годографов. В ходе обработки годографы сводились по взаимным временам. Критерием качества пикирования являлось среднее расхождение по взаимным временам для всей расстановки.

Заключительным этапом обработки полученных материалов являлось построение двумерного распре-

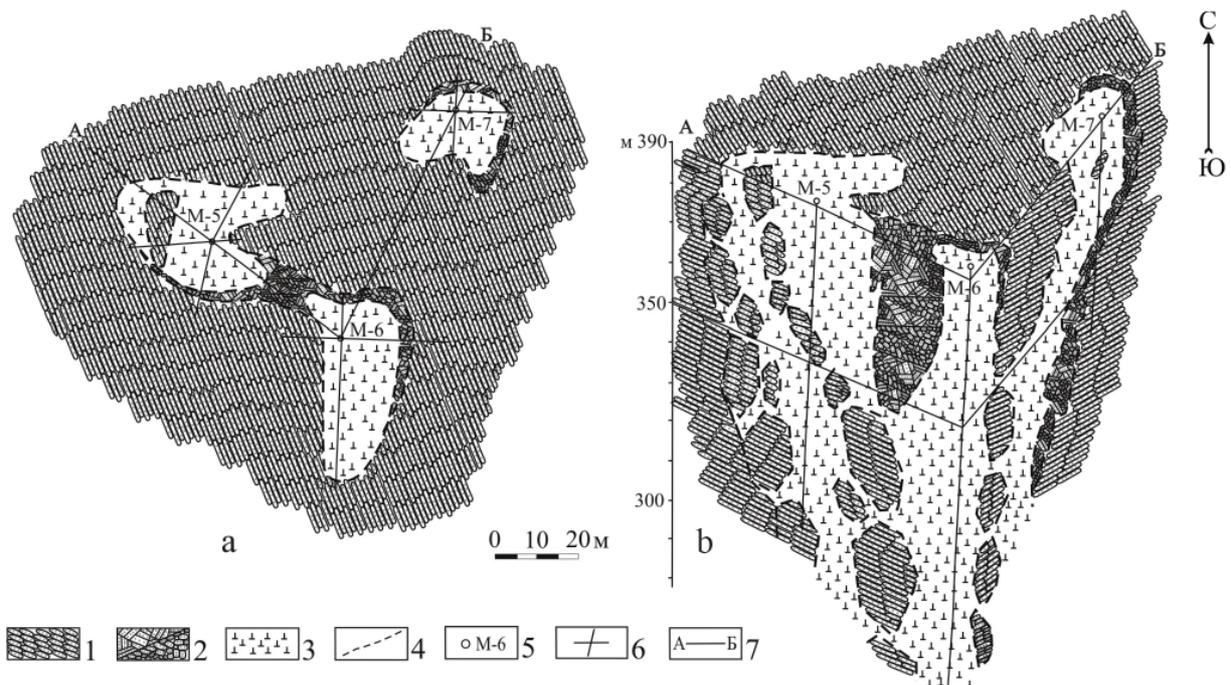


**Рис. 1.** Карта аномального магнитного поля Четласского поднятия масштаба 1:25 000 (Злоказов, Лаврова и др., 2001<sup>1</sup>). 1 – разломы: ВЗ – Визингский, КС – Косьюский, ВК – Ворыквинский, ЧТ – Четласский, ЦТ – Центрально-Тиманский; 2 – объекты исследования: 1 – Верхнемезенская трубка взрыва, 2 – магнитная аномалия «Павьюга», 3 – магнитная аномалия «Каменская»

**Fig. 1.** Map of the anomalous magnetic field of the Chetlas uplift on the scale of 1:25000 (Zlokazov, Lavrova et al., 2001<sup>1</sup>). 1 – faults: ВЗ – Vizinga, КС – Kosyu, ВК – Vorykva, ЧТ – Chetlass, ЦТ – Central Timan; 2 – objects of study: 1 – Verkhnemezenskaya explosion pipe, 2 – «Pavyuga» magnetic anomaly, 3 – «Kamenskaya» magnetic anomaly

<sup>1</sup> Злоказов А. А., Лаврова Т. Ю., Цыганов В. А. Отчет о проведении высокоточной комплексной аэрогеофизической съемки (аэромагнитометрия, аэроэлектроразведка в модификации дипольного индуктивного профилирования – ДИП-А, аэрогамма-спектрометрия) масштаба 1:10 000 для решения задач поисков марганца, бокситов, редких металлов, алмазов, золота в районе Четласского Камня на площади 1500 км<sup>2</sup>. Листы Q-39-XXXIII, XXXIV, XXVII / ФГУ НПП «Аэрогеофизика». № 15198. М., 2001. 146 с.

Zlokazov A. A., Lavrova T. Yu., Tsyganov V. A. Report on the high-precision complex aerogeophysical survey (aeromagnetometry, aerelectronic exploration in the modification of dipole inductive profiling- DIP-A, aerogamma spectrometry) on a scale of 1:10000 to solve the problems of searching for manganese, bauxite, rare metals, diamonds, gold in the area of the Chetlas Stone on an area of 1500 km<sup>2</sup>. Sheets Q-39-XXXIII, XXXIV, XXVII / Aerogeofizika. No. 15198. Moscow. 2001. 146 p.



**Рис. 2.** Верхнемезенская кимберлитовая трубка: а — геологический план; б — блок-диаграмма с разрезом по линии А–Б (Айбабин и др., 1982<sup>2</sup>). 1 — светлинская свита, кварциты, реже сланцы, прослои и линзы гравелитов (направления штриховки на планах и разрезах соответствуют основным направлениям простирания и падения пород); 2 — зоны дробления, брекчии кварцитов, сланцев; 3 — позднебайкальская ультраосновная формация, пикритовые порфириды; 4 — геологическая граница; 5 — скважина и ее номер; 6 — канавы; 7 — линия геологического разреза

**Fig. 2.** Verkhne-Mezenskaya kimberlite pipe: a — schematic geological plan; b — schematic block diagram with a cut along line A–B (Aibabin et al., 1982<sup>2</sup>). 1 — Svetlinskaya suite, quartzites, less often shales, interlayers and lenses of gravelites (the directions of shading on the plans and sections correspond to the main directions of strike and dip of rocks); 2 — crushing zones, breccias of quartzites, shales; 3 — late Baikalian ultramafic formation, picrite porphyrites; 4 — geological boundary; 5 — well and its number; 6 — ditches; 7 — geological section line

деления скоростей полезных волн методом сейсмической томографии. Процесс получения скоростного изображения геологической среды включал в себя определение начальной модели и томографическую инверсию.

### Объекты исследований

По материалам предшествующих исследований известно, что территория Среднего Тимана перспективна на нахождение тел трубочного типа. В ее пределах в результате заверки магнитных аномалий найдены Верхнемезенская, Умбинская, Среднинская, Водораздельная кимберлитовые трубки.

Для проведения геофизических исследований нами были выбраны Верхнемезенская кимберлитовая трубка как эталон и две изометричные магнитные ано-

малии как объекты опробования. Объекты расположены в пределах Четласского поднятия Среднего Тимана на выделенных нами ранее перспективных участках (рис. 1).

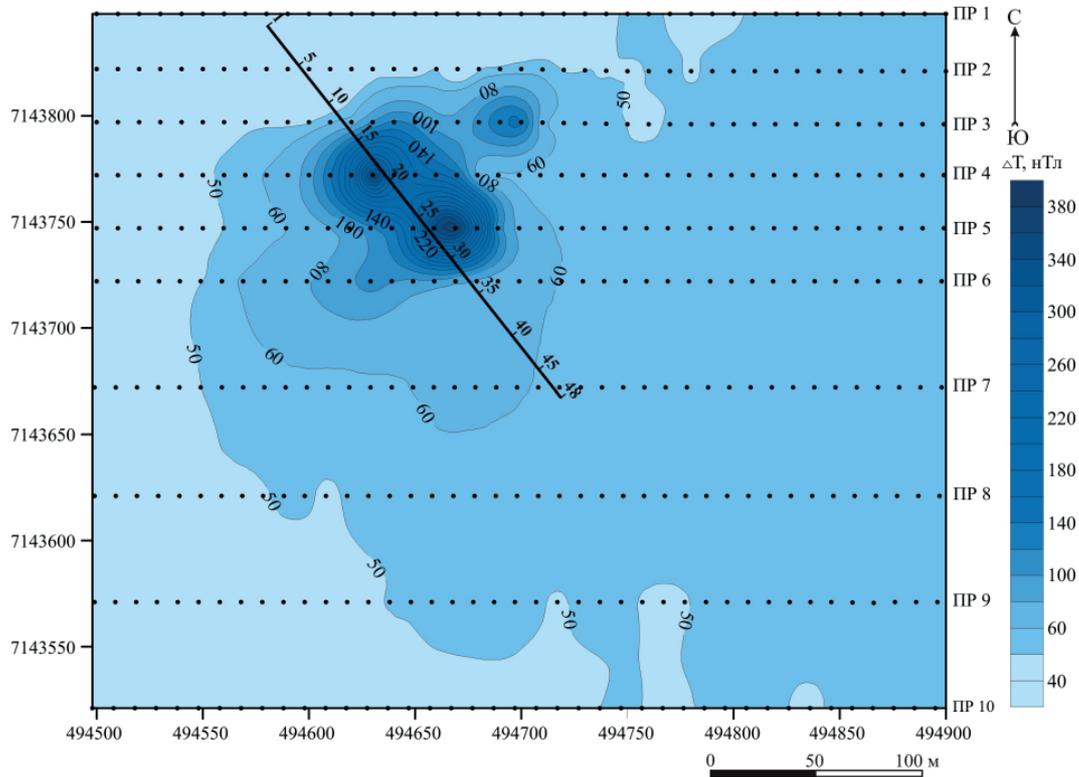
Верхнемезенская кимберлитовая трубка была открыта наземными работами по заверке локальной калиевой и магнитной аномалий в верховьях р. Мезени (Ерема и др., 1973<sup>3</sup>). Располагается она в поле распространения терригенных образований светлинской свиты. Представляет собой изометричное трубообразное тело, выполненное эруптивной брекчией щелочно-ультраосновного состава, залегающее под маломощным (0.4–2.0 м) покровом рыхлых отложений. При проведении Э. Х. Ходжаевым в 1978 г. детальных наземных работ рядом с центром Верхнемезенской трубки было выявлено еще два центра. Полученные данные

<sup>2</sup> Айбабин Н. А., Дудар Л. П., Саблуков С. М., Довжикова Е. Г., Плякина И. Г. и др. Отчет о поисково-оценочных работах на алмазы на Умбинском и Мезенском участках (в трех томах) / Полярно-Уральское производственное геологоразведочное объединение «Полярноуралгеология». № 9885. Ухта. 1982. Том III. 48 с.

Aibabin N. A., Dudar L. P., Sablukov S. M., Dovzhikova E. G., Plyakina I. G. et al. Report on search-evaluation works for diamonds in Umba and Mezen areas (in three volumes) / Polar-Ural production geological prospecting association "Polyarnouralgeologiya". No. 9885. Ukhta. 1982. V III, 48 p.

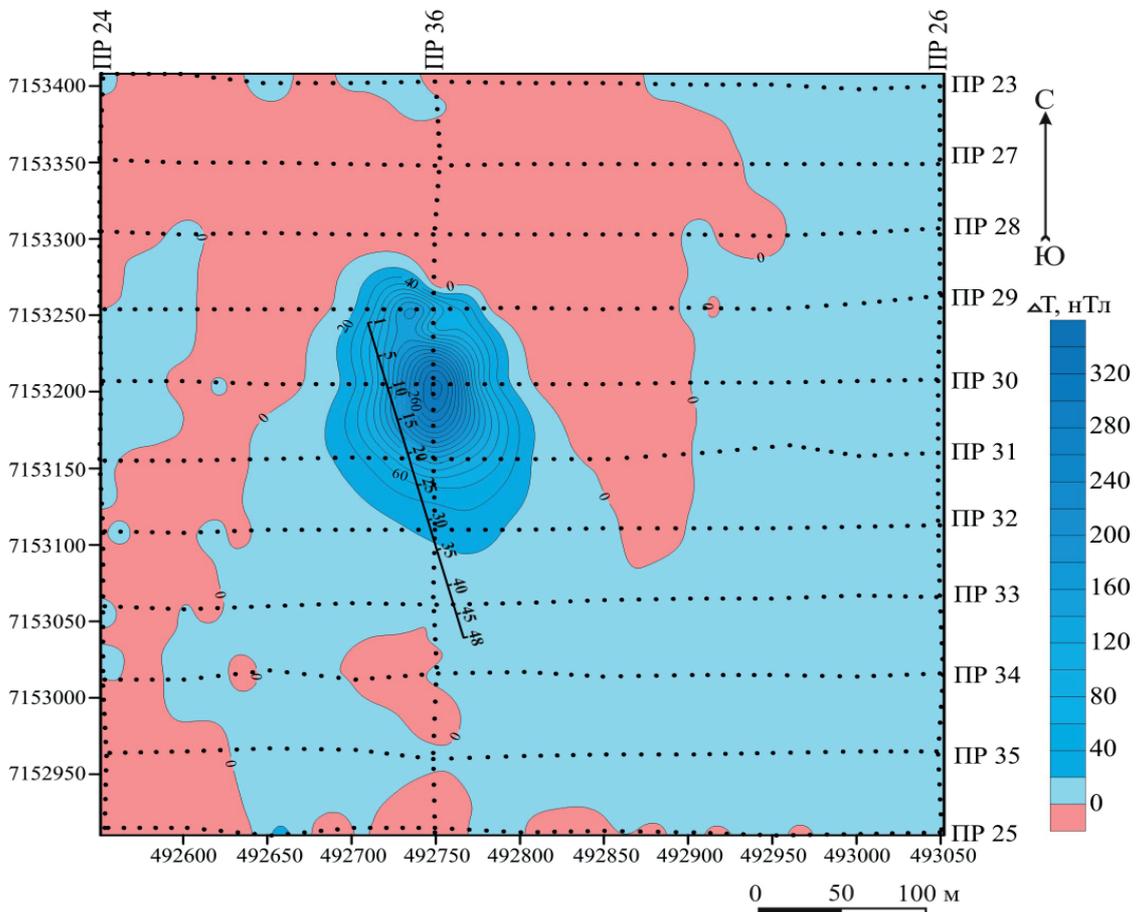
<sup>3</sup> Ерема Г. А., Карпова М. А., Трусевич Г. А. Отчет о результатах комплексной аэрогаммаспектрометрической съемки и наземных поисковых работ на территории Среднего Тимана в 1972 году / Министерство геологии; Ухтинское территориальное геологическое управление: отдел фондов. № 8279. Л., 1973. 158 с.

Erema G. A., Karpova M. A., Trusevich G. A. Report on the results of complex aerogamma-spectrometric survey and ground-based search operations on the territory of Middle Timan in 1972 / Ministry of Geology Ukhta Territorial Geological Department Funds Department. No. 8279. Leningrad. 1973. 158 p.



**Рис. 3.** Карта изолиний аномального магнитного поля Верхнемезенской кимберлитовой трубки масштаба 1:1000. Черные точки — пункты наблюдения по магнитометрическим профилям и их номера, линия — сейсмический профиль с каналами регистрации

**Fig. 3.** Map of isolines of the anomalous magnetic field of the Verkhnemezenskaya kimberlite pipe on the scale of 1:1000. Black circles — observation points along to magnetometric profiles and their number, the line — seismic profile with registration channels



**Рис. 4.** Карта изолиний аномального магнитного поля Павьюгской аномалии масштаба 1:1000. Условные обозначения — на рис. 3

**Fig. 4.** Map of isolines of the anomalous magnetic field of the Pavyuga anomaly on the scale of 1:1000. Legend — see Fig. 3

позволяют говорить о том, что все три центра связаны с одним трубчатым телом сложного строения. Тела были вскрыты шестью канавами и тремя скважинами глубиной 82.2 (М-5), 107.5 (М-6) и 56 м (М-7). Скважины были пройдены в трех центрах положительной магнитной аномалии. На дочетвертичную поверхность трубчатое тело выходит в виде трех пятен изверженных пород, частично обрамленных зонами дробления. Выходы рудного тела имеют форму стреловидных листьев с закругленными углами, ориентированных к центру трубки. Трубчатое тело осложнено сильно измененным кимберлитом (рис. 2) (Айбабин и др., 1982<sup>2</sup>).

В пределах «Верхнемезенской» кимберлитовой трубки нами проведена детальная наземная магнитометрическая съемка масштаба 1:1000. В магнитном поле отчетливо выделяется положительная аномалия изометричной формы с тремя эпицентрами. Интенсивность в центре западного и южного эпицентров составляет

380 нТл, восточного — 150 нТл. Западный выход имеет размеры 40 × 30 м, восточный — 30 × 30 м и южный — 50 × 40 м. Общий размер аномалии 100 × 100 м (рис. 3).

Павьюгская магнитная аномалия, выделенная и отработанная нами в 2016 г., в магнитном поле представляет собой положительную аномалию эллипсоидной формы, простирающуюся в северо-северо-западном направлении, интенсивностью  $\Delta T$  340 нТл. Размеры локальной аномалии — 120 × 160 м (рис. 4).

Магнитная аномалия «Каменская» выбрана нами из-за ее локального одиночного расположения в пределах Мезенской площади мозаичного магнитного поля (рис. 1).

По результатам пешеходной магнитной съемки, выполненной нами в 2024 г., «Каменская» аномалия имеет овальную форму, несколько вытянутую в северо-западном направлении. Размеры ее составляют 250 × 450 м. Она распадается на две интенсивные (от 120

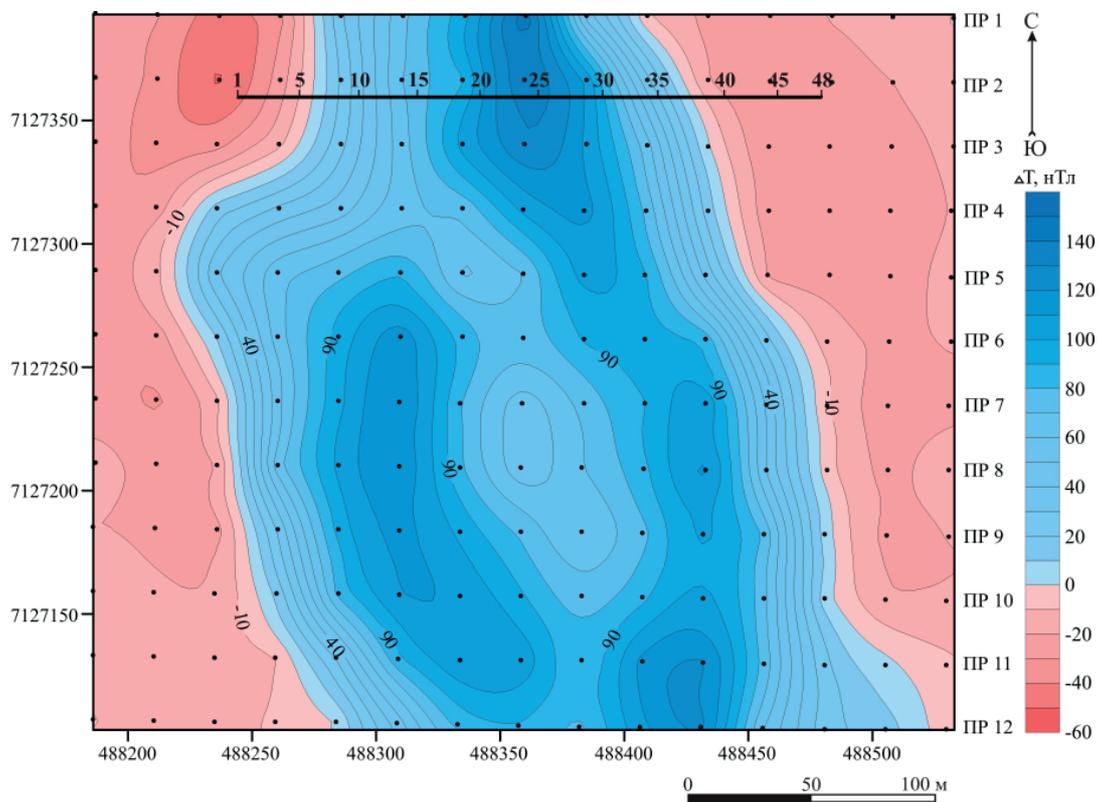


Рис. 5. Карта изолиний аномального магнитного поля Каменской аномалии масштаба 1:1000. Условные обозначения — на рис. 3

Fig. 5. Map of isolines of the anomalous magnetic field of the Kamenskaya anomaly on the scale of 1:1000. Legend — see Fig. 3

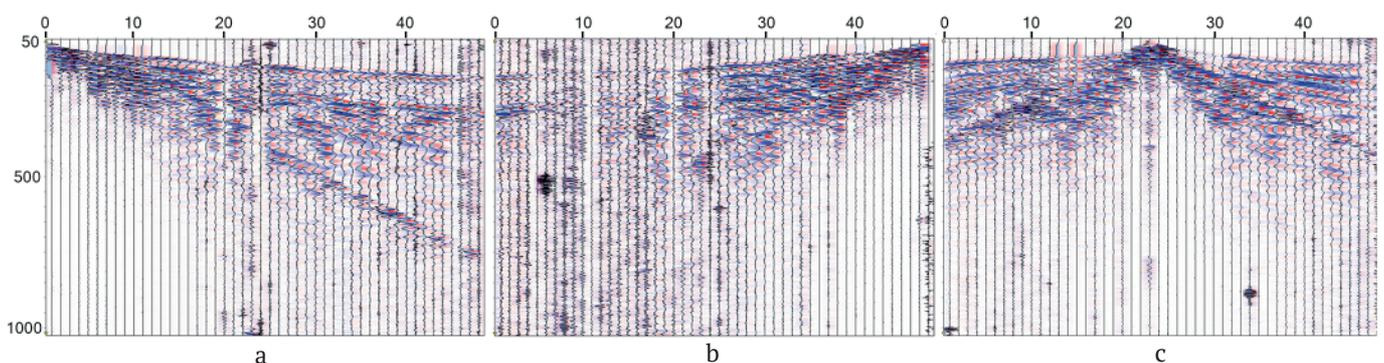


Рис. 6. Примеры сейсмограмм, полученных на участке «Верхнемезенская трубка взрыва». ПВ 1 (а), ПВ 47 (б), ПВ 23 (с)

Fig. 6. Examples of seismograms obtained at the Verkhnevezenskaya explosion pipe site. PV 1 (a), PV 47 (b), PV 23 (c)



до 150 нТл) положительные линейно вытянутые аномалии. Размеры первой — 50 × 150 м, второй — 50 × 350 м (рис. 5).

### Сейсмические наблюдения

#### *Верхнемезенская трубка взрыва*

Сейсмическая запись характеризуется хорошим качеством, высоким отношением «сигнал/помеха». Первые вступления на сейсмограммах ПВ 3–45 выделяются уверенно. На ПВ 1, 47 для дальней зоны (ПП 1–3, ПП 46–48) отметка первых вступлений затруднительна. Это связано с наибольшим расстоянием ПВ–ПП, слабым ударным воздействием и, возможно, малым количеством накоплений (рис. 6).

Прямая продольная волна регистрируется в ближней зоне от 10 до 20 м со скоростью 0.5–0.8 км/с. Преломленные волны приходят со скоростями 2.5–3.0 км/с. Выделяются поверхностные волны со скоростями 0.4–0.6 км/с. Полезный сигнал регистрируется до 800 мс.

Результатом исследований явилось выделение области потери корреляции, уменьшения интенсивности сейсмических волн, а также изменения формы первых вступлений в районе ПП 12–20, ПП 20–32 и ПП 12–32 (рис. 7). На скоростном разрезе выделенная область отмечается пониженными значениями скоростей (рис. 8). Ширина зоны составляет 100 м с делением на 40 и 60 м.

#### *Магнитная аномалия «Павьюга»*

Сейсмическая запись представлена сложной волновой картиной, отвечающей различным условиям возбуждения и приема. Профиль проходил вдоль края болота. Северная часть находилась на возвышенности, тогда как южная — в низине. Сейсмическая запись южной части профиля ПП 1–11 хаотичная с плохим отношением «сигнал/помеха», далее запись ПП 13–47 становится чистой, с хорошим отношением «сигнал/помеха». Несмотря на это, первые вступления на всех сейсмограммах выделяются уверенно и характеризуются высокочастотным составом (рис. 9).

Прямая продольная волна регистрируется в ближней зоне до 10 м со скоростью 0.5–0.6 км/с. Преломленные волны приходят со скоростями 3.5–4.1 км/с. Поверхностные волны имеют скорости 0.4–0.45 км/с. Полезный сигнал регистрируется до 1000 мс. Характер волновой картины для отдельных пунктов возбуждения различается. Аномальная зона выделяется в районе ПП 12 и ПП 32. На скоростном разрезе область магнитной аномалии отмечается повышенными значениями скоростей (рис. 10).

#### *Магнитная аномалия «Каменская»*

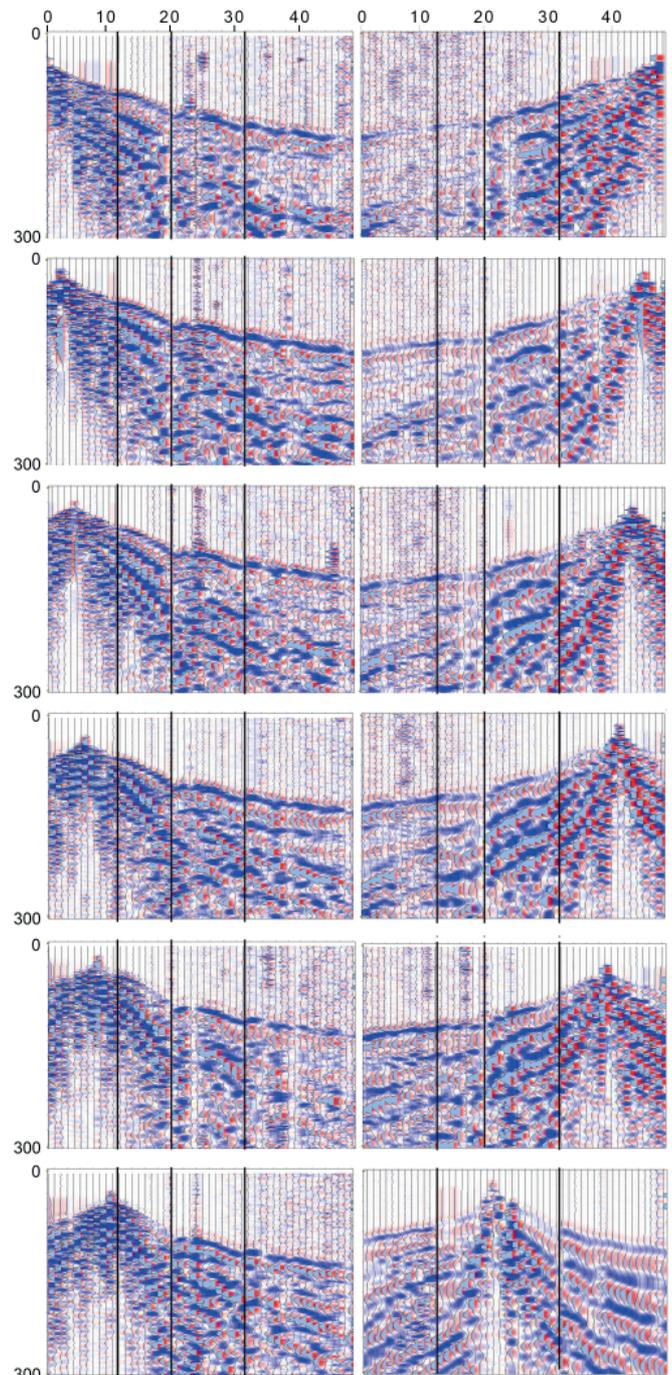
Сейсмическая запись характеризуется хорошим качеством, высоким отношением «сигнал/помеха». Первые вступления на всех сейсмограммах выделяются уверенно (рис. 11).

Прямая продольная волна регистрируется в ближней зоне до 25 м со скоростью 0.5–0.6 км/с. Преломленные волны приходят со скоростями 2–2.5 км/с. Поверхностные волны имеют скорости 0.4–0.45 км/с. Характер волновой картины спокойный, без аномальных зон и потери корреляции сейсмической записи,

которая прослеживается до 1000 мс. На скоростном разрезе область отмечается аномалией с пониженными значениями скоростей (рис. 12).

### Выводы

*Верхнемезенская трубка взрыва.* Результатом исследований явилось выделение на сейсмическом разрезе области потери корреляции, уменьшения интен-



**Рис. 7.** Примеры сейсмограмм с выделением аномальной зоны на участке «Верхнемезенская трубка взрыва». ПВ 1, 3, 5, 7, 9, 11 (столбец слева сверху вниз), ПВ 47, 45, 43, 41, 39 (столбец справа сверху вниз), ПВ 21 (столбец справа внизу)

**Fig. 7.** Examples of seismograms, with the allocation of an anomalous zone in the Verkhnemезенская explosion pipe site. PV 1, 3, 5, 7, 9, 11 (column from left, top to bottom), PV 47, 45, 43, 41, 39 (column from right, top to bottom), PV 21 (column from right bottom)

сивности сейсмических волн, а также изменения формы первых вступлений в районе ПП 12–20, ПП 20–32 и ПП 12–32. На скоростном разрезе выделенная область отмечается пониженными значениями скоростей. Ширина зоны составляет 100 м, с делением на 40 и 60 м. Выделенная область точно соответствует местоположению трубки взрыва.

**Магнитная аномалия «Павьюга».** Характер волновой картины для отдельных пунктов возбуждения различается. Аномальная зона выделяется в районе ПП 12 и ПП 32. На скоростном разрезе область магнитной аномалии отмечается повышенными значениями скоростей.

**Магнитная аномалия «Каменская».** Характер волновой картины спокойный, без аномальных зон и по-

тери корреляции сейсмической записи, которая прослеживается до 1000 мс. По сейсмическим данным выделить в пределах магнитной аномалии геологический объект не удалось, возможно из-за глубокого залегания тела, не позволяющего реализовать сейсмический метод при данной методике наблюдения.

В целом сейсмическая запись характеризуется хорошим качеством, высоким отношением «сигнал/помеха» на расстоянии 120–130 м от пункта возбуждения. На больших расстояниях это отношение ухудшается, вероятно в зависимости от условий возбуждения.

Прямая продольная волна регистрируется в ближней зоне от 15 до 30 м со скоростью 0.45–0.5 км/с.

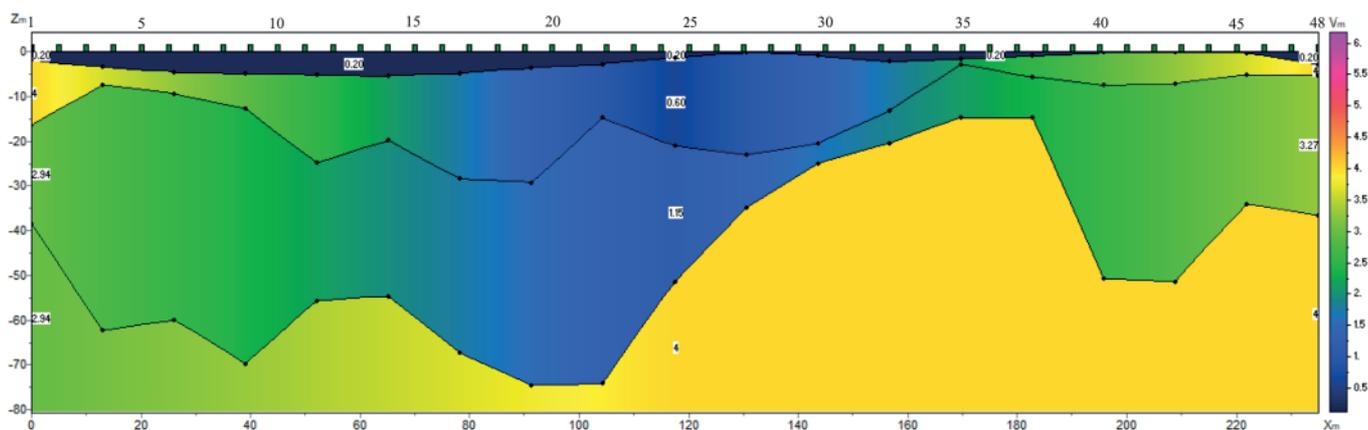


Рис. 8. Скоростной разрез участка «Верхнемезенская трубка», построенный по продольным волнам

Fig. 8. Velocity profile of the Verkhnemezenskaya pipe built along longitudinal waves

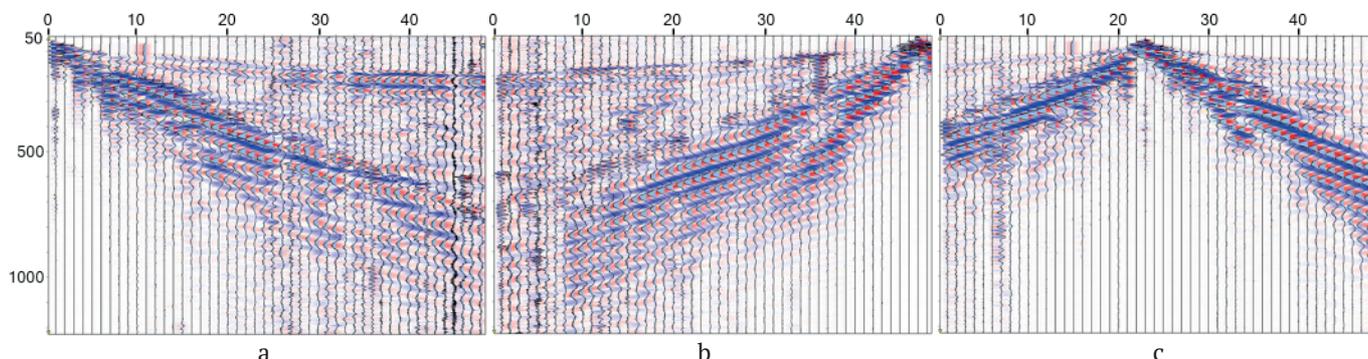


Рис. 9. Примеры сейсмограмм, полученных на участке магнитной аномалии «Павьюга». ПВ 1 (а), ПВ 47 (b), ПВ 23 (с)

Fig. 9. Examples of seismograms obtained at the «Pavyuga» magnetic anomaly site. PV 1 (a), PV 47 (b), PV 23 (c)

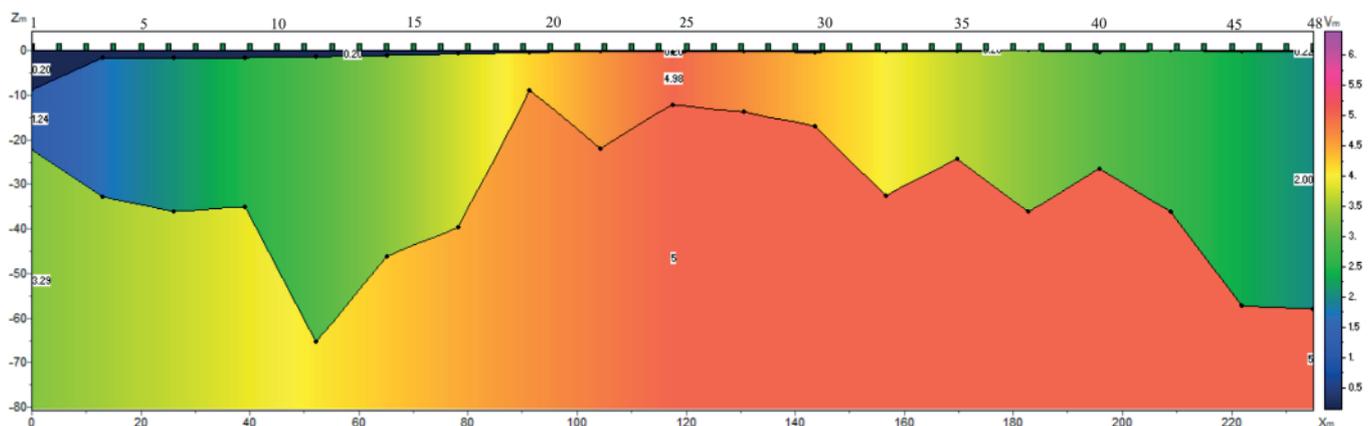


Рис. 10. Скоростной разрез участка магнитной аномалии «Павьюга», построенный по продольным волнам

Fig. 10. Velocity profile of the «Pavyuga» magnetic anomaly built along longitudinal waves

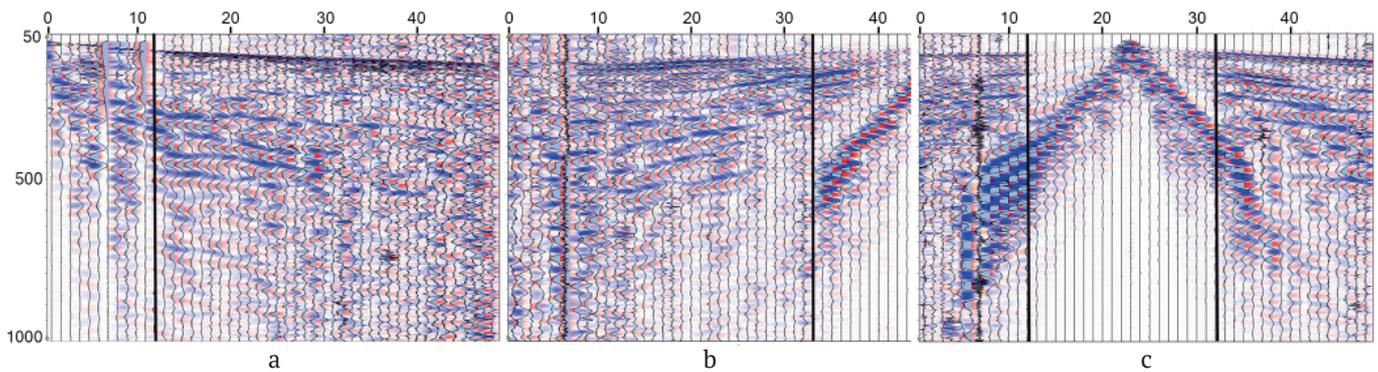


Рис. 11. Примеры сейсмограмм, полученных на участке магнитной аномалии «Каменская». ПВ 1 (а), ПВ 47 (b), ПВ 23 (с)  
 Fig. 11. Examples of seismograms obtained at the «Kamenskaya» magnetic anomaly site. PV 1 (a), PV 47 (b), PV 23 (c)

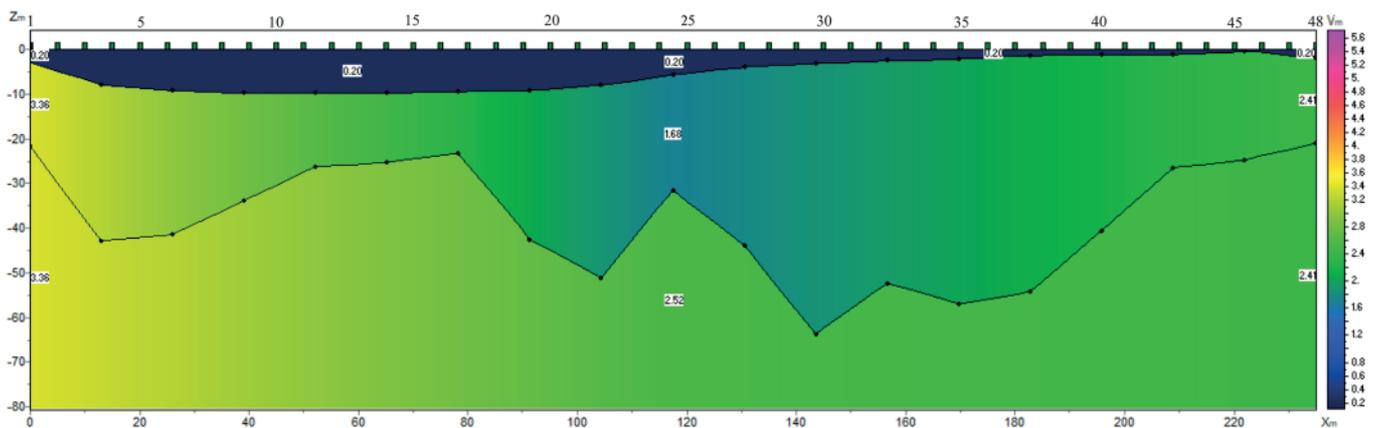


Рис. 12. Скоростной разрез участка магнитной аномалии «Каменская», построенный по продольным волнам  
 Fig. 12. Velocity profile of the «Kamenskaya» magnetic anomaly built along longitudinal waves

Преломленные волны приходят со скоростью 1.9–3.6 км/с. Поверхностные волны имеют скорость 0.3 км/с. Отчетливо выделяются звуковые (воздушные) волны со скоростью 0.33 м/с.

### Заключение

Применение малоглубинной сейсморазведки МПВ показывает возможность использования метода для выделения границ геологических структур, таких как «трубка взрыва», и имеет большое значение для их поиска, т. к. зачастую форма магнитной аномалии ввиду ее сложности может не полностью соответствовать самому телу, его эпицентру.

При проведении полевых работ возможно использовать классические типы расстановок. Глубинность метода определяется мощностью источника и длиной расстановки и в подавляющем большинстве случаев не превышает 30–50 м при расстановке в 235 м. При наличии сложных границ и анизотропии скоростей разреза необходимо наличие дополнительных ПВ, как выносных, так и в пределах профиля, что позволяет учесть конфигурацию границ и корректно восстановить скоростную модель среды.

*Исследование выполнено в рамках темы НИР «Глубинное строение, геодинамическая эволюция, взаимодействие геосфер, магматизм, метаморфизм и изотопная геохронология Тимано-Североуральского литосферного сегмента» (ГР № 122040600012-2).*

### Литература / References

- Маништейн А. К. Малоглубинная геофизика. Новосибирск: Издательство НГУ, 2002. 135 с.  
 Manstein A. K. Shallow Geophysics. Novosibirsk: NSU Publishing House, 2002, 135 p. (in Russian)
- Боганик Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка. Тверь: АИС, 2006. 744 с.  
 Boganik G. N., Gurvich I. I. Seismic Exploration. Tver: AIS, 2006, 744 p. (in Russian)
- Белоусов А. В., Сергеев К. С., Сафиуллин Р. И. Возможности обработки различных типов волн, регистрируемых в инженерной сейсморазведке // Приборы и системы разведочной геофизики. 2014. № 1. С. 86–93.  
 Belousov A. V., Sergeev K. S., Safiullin R. I. Processing Capabilities of Various Wave Types Recorded in Engineering Seismic Exploration. Instruments and Systems of Exploration Geophysics, 2014, No. 1, pp. 86–93. (in Russian)

Поступила в редакцию / Received 21.05.2025