

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г., Прийма Г.Ю., Фаткин К.Б. Сейсморазведочные исследования условий разработки калийной залежи // Геофизика. – 2011. – № 5. – С. 53-58.
2. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Прийма Г.Ю., Ярославцев А.Г., Пригара А.М., Фаткин К.Б., Сейсморазведочные исследования водозащитной толщи на Верхнекамском месторождении калийных солей // Горн. журн. – 2008. – № 10. – С. 45-48.
3. Жикин А.А., Санфиоров И.А., Трапезникова А.Б. Полноволновое сейсмическое моделирование зоны гипергенных изменений продуктивных отложений соляной толщи // Инженерная и рудная геофизика – 2022: сб. материалов 18-ой науч.-практ. конф. и выставки, 5-8 сент. 2022 г. – М., 2022. – С. 440-446.
4. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г., Никифорова А.И. Сейсморазведочный комплекс информативного сопровождения горных работ в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 8-12.
5. Tesseral Pro: User's Manual 2019-2021. [Электронный ресурс]. – Текст электронный. – URL: <https://geodevice.co/upload/iblock/657/Tesseral-Pro-User-Manual.pdf>. (дата обращения: 12.04.2024).

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2024.2.9

**СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СТРОЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ
ПО ДАННЫМ ШАХТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.И. Никифорова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Представлены результаты опытно-методических работ высокоразрешающей сейсморазведки в подземном руднике. Межскважинная корреляция каротажных диаграмм позволила установить горизонтальную изменчивость физических характеристик в теле кимберлитовой брекчии. На основе анализа динамических и кинематических характеристик в пределах наиболее акустически контрастных границ волнового поля показана возможность изучения внутренней структуры породного массива с прослеживанием межформационных зон.

Ключевые слова: кимберлитовая трубка, шахтная сейсморазведка, ГИС, межскважинная корреляция

Одной из основных задач, решаемой при изучении массивов интрузивных горных пород является получение представления об их внутренней структуре. Возможности наземных модификаций сейсмических исследований ограничиваются не только разрешающей способностью метода, степенью экранированности искомым кимберлитовым трубкам породами различного состава, но и высокой внутренней неоднородностью объекта изучения. Кимберлитовым трубкам могут соответствовать субвертикальные диффузные гетерогенные модели, композиционно составленные из разномасштабных неоднородностей. Локальные изменения скорости в трубке не коррелируются между собой даже на малых расстояниях [2].

В зависимости от целей и необходимой степени детальности выполняемых исследований более оптимальный результат может быть получен при проведении исследований во внутренних точках среды.

Рудное тело, в пределах которого расположен участок опытно-методических работ, характеризуется несколько вытянутой в северо-западном направлении эллипсоидной формой. С глубиной форма тела меняется, приобретая изометричные формы. Контакты с вмещающими породами в основном резкие, четкие и лишь в редких случаях отмечаются «плавающие», коррелирующие с зонами брекчирования вмещающих пород. Строение рудного тела достаточно неоднородное. В основном, оно сложено автолитом-

вой кимберлитовой брекчией, включает в себя участки развития ксенолитов осадочных пород, галогенных отложений и дезинтегрированных пород. В краевых частях встречаются реликты порфиривого кимберлита [3].

Полевые наблюдения выполнены по методике шахтной сейсморазведки на отраженных волнах по способу общей глубинной точки. Основными результатами цифровой обработки сейсморазведочных данных являются окончательные временные разрезы общей глубинной точки (ОГТ), которые вместе со скоростными характеристиками и динамическими разрезами составляют информационную базу этапа интерпретации.

Преобладающая частота на временных разрезах находится в диапазоне 250-300 Гц. Данный частотный диапазон при установленном скоростном законе обеспечивает среднюю длину волны около 18 м. Таким образом, согласно теоретическим предпосылкам [1], вертикальная разрешающая способность метода ($1/4 \lambda$) составит порядка 4-5 м, горизонтальная разрешающая способность ($1/4$ диаметра первой зоны Френеля) - около 15 м на глубине 100 м и 21 м на глубинах в 200 м.

Для повышения точности изучения изменений кинематических и динамических параметров отражений, оценки глубинно-скоростных характеристик разреза на окончательных временных разрезах выделяются наиболее динамически выраженные оси синфазности – отражающие горизонты (ОГ), которые характеризуют отражение упругих волн от физических границ в направлении нижнего полупространства относительно горизонта исследований.

С целью обоснования наличия отражающих границ в пределах тела кимберлитовой трубки проанализированы результаты геофизических исследований (ГИС) 70 одиночных и кустовых скважин, пробуренных в ее пределах. В большинстве скважин выполнен комплекс ГИС, представленный спектрометрическим гамма-каротажем (СГК), кавернометрией (КВ), каротажем магнитной восприимчивости (КМВ) и инклинометрией (ИНК). Ввиду отсутствия информации о прямых методах исследования упругих свойств в скважинах – акустического (АК) и плотностного каротажей (ГКп), для идентификации реперных петрофизических границ по линиям сейсморазведочных профилей межскважинная корреляция выполнена по имеющимся промыслово-геофизическим данным (рис. 1).

В качестве наиболее устойчивого маркирующего уровня выделяется кровля карбонатных пород удачининской свиты (Є_{2ud}), которая принята за поверхность выравнивания при проведении межскважинной корреляции. На начальном этапе корреляции каротажных диаграмм в разрезе каждой скважины выделено порядка 10 каротажных реперов, однако, учитывая разрешающую способность шахтных сейсмоакустических исследований и характер распространения намеченных границ, на корреляционных схемах прослежено 4, отождествленных с наиболее акустически контрастными границами в волновом поле: ОГ1, ОГ2, ОГ3, ОГ4.

Реперные границы, связанные с отражающими горизонтами ОГ1 и ОГ2, выделяются в интервале карбонатных пород известняково-доломитовой толщи (Є_{2id})-майского яруса среднего отдела кембрийской системы, а ОГ3 и ОГ4 в интервале карбонатной части разреза удачининской свиты. В качестве реперных границ рассматриваются кровли одноциклических наборов пиков на кривой ГК, вероятно связанных с изменением физических свойств исследуемого интервала геологического разреза в следствие дифференциации расплава-флюида при образовании трубочных тел, а также вторичных гидротермально-метасоматических процессов [4].

Внутреннее строение крупных диатрем обычно сложное, обусловленное присутствием нескольких фаз внедрения. Можно предположить, что в процессе окончательной кристаллизации кимберлитового расплава происходил своеобразный процесс «усадки» с формированием «зеркал скольжения», по которым более интенсивно протекали гипергенные процессы. Это подтверждается наличием псевдостратифицированных структур в теле кимберлитовой брекчии, установленных по результатам бурения.

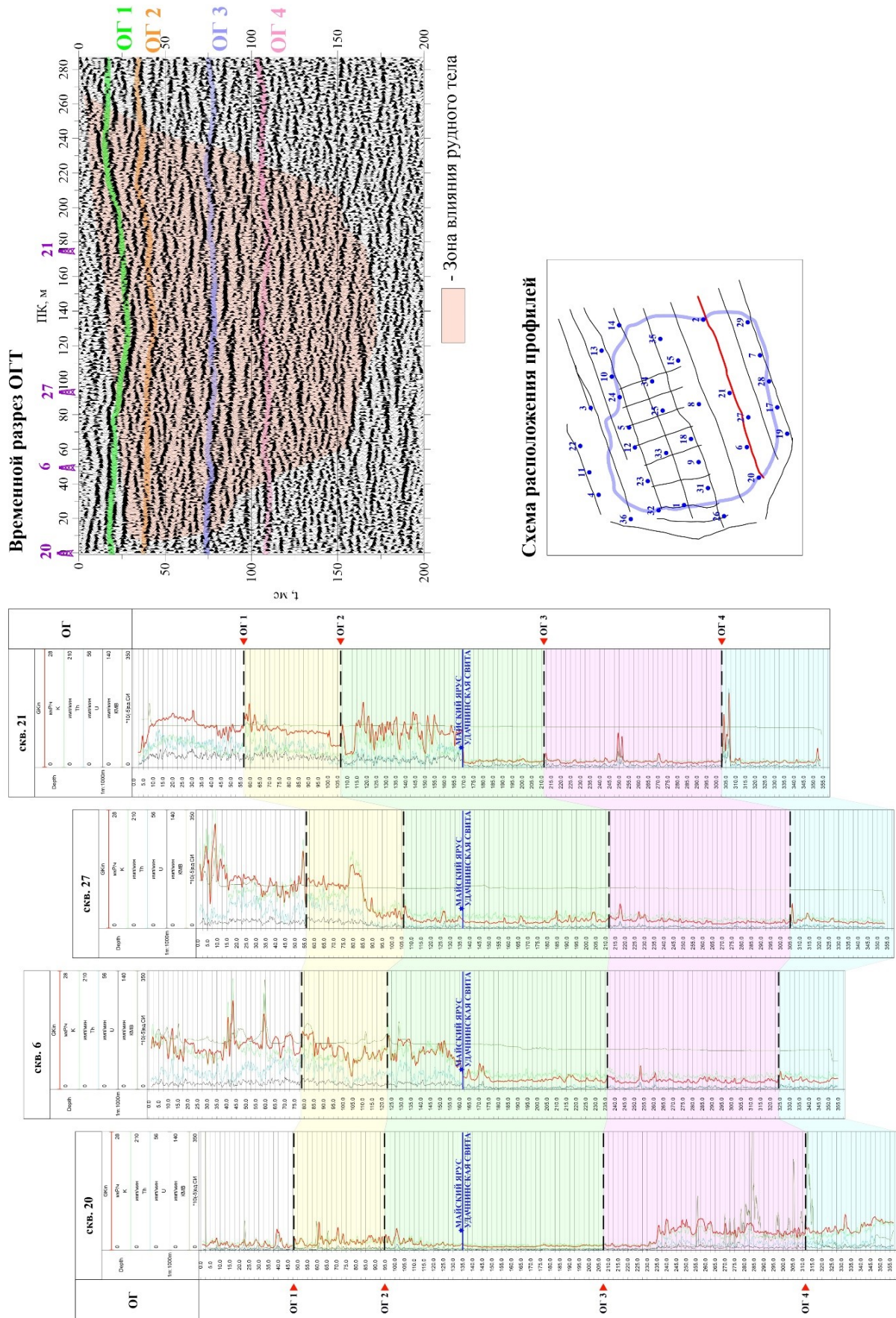


Рис. 1. Корреляционная схема

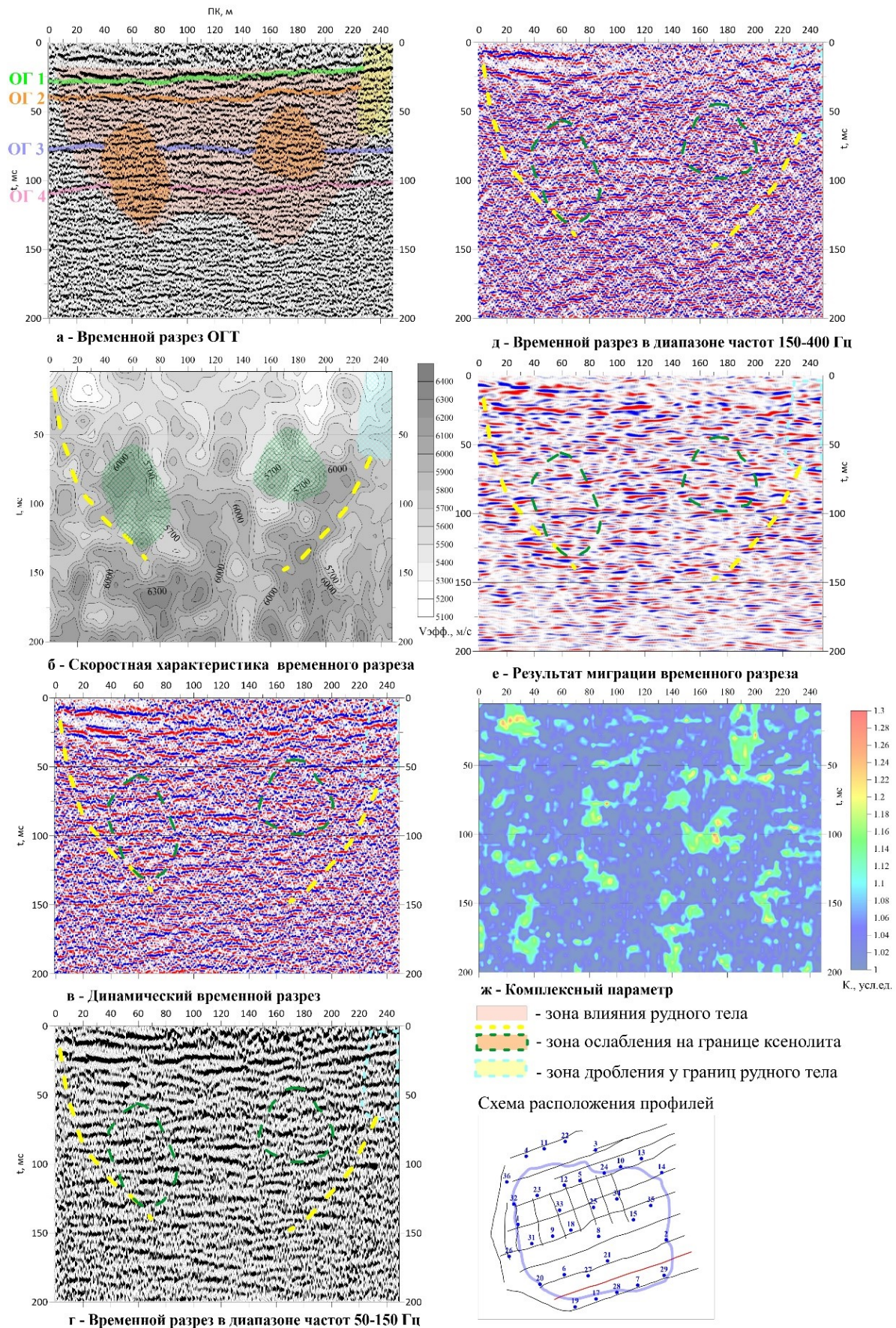


Рис. 2. Результаты обработки по шахтному сейсмическому профилю

Опорные отражающие границы выделены на глубинах от поверхности наблюдения: 50 м – 70 м, 100 м - 120 м, 200 м - 220 м и 320 м – 350 м, соответственно.

Определение глубины ОГ осуществлялось на основании скоростного закона, подобранного для текущей физико-геологической обстановки. По результатам скоростного анализа, выполненного методом перебора постоянных скоростей, установлено, что эффективная скорость продольных волн в пределах профильных линий изменяется в пределах от 4500 м/с до 6000 м/с. Разброс скоростей обусловлен тем, что профильные линии пересекают участки с разной литологией - карбонаты и кимберлит). Причем граница между ними является субвертикальной.

Выделенные ОГ с разной степенью устойчивости трассируются на всех временных разрезах по линиям сейсмических профилей как пересекающих рудное тело, так и за его пределами (рис.1).

В характеристиках волнового поля можно наметить участки, связанные с влиянием рудного тела.

Резкие знакопеременные изменения скоростной характеристики изучаемого интервала разреза в приграничных участках и нерегулярный характер волновой картины служат индикаторами подобных осложнений. Наиболее контрастно это проявляется снижением интенсивности волновой картины на границах зоны влияния в низкочастотной области спектра и в мигрированном виде (рис. 2).

Непрерывной составной частью кимберлитов являются обломки различных пород, захваченные проторасплавом в процессе его движения к поверхности и консолидации. В подавляющем большинстве случаев это фрагменты вмещающих трубку кембрийских пород, представленные известняками, доломитами, мергелями.

В южной части с запада и востока от крупного ксенолита трассируются две протяженные области с пониженными упругими свойствами – зоны ослабления на границах ксенолита. По периферии рудного тела также отмечаются локальные области с пониженными упругими свойствами, обусловленные дроблением в зоне экзоконтакта.

Полученные результаты доказывают возможность применения методов шахтной сейсморазведки МОВ ОГТ для картирования контактов интрузий и изучения внутренней структуры массивов с прослеживанием межформационных зон в условиях подземных рудников.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР 124020500029-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Интерпретация данных сейсморазведки: справ. / [под ред. О.А. Потапова и др.]. – М.: Недра, 1990. – 447 с.: ил.
2. Караев Н.А. Рабинович Г.Я. Рудная сейсморазведка. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 366 с.: ил.
3. Колганов В.Ф., Акишев А.Н., Дроздов А.В. Горно-геологические особенности коренных месторождений алмазов Якутии. – Мирный, 2013. – 558 с.
4. Костровицкий С.И. Минералогия и геохимия кимберлитов западной Якутии: автореф. дис. ... д.г.-м.н. 25.00.05, 25.00.09 / Костровицкий Сергей Иванович. – Иркутск, 2009 – 44 с.