

ОСОБЕННОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ ТРУБОК ВЗРЫВА НА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАЗРЕЗАХ ММЗ РАЗНЫХ ПОЛЕЙ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ.

В.И. Французова, К.Б. Данилов

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН
163000 Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 23
e-mail: vifrancuzova@gmail.com, danilov_kostea@mail.ru*

Введение

Дифракционная томография на рассеянных объемных волнах от землетрясений и объемных волнах, генерированных средой – сейсмическая эмиссия и микросейсмичность, открыла новые субвертикальные неоднородности, «трубы», пронизывающие литосферу от поверхности до глубин более 200 км. Особенно значимым по своим разведочным возможностям является метод микросейсмического зондирования, использующий рассеянные волны Релея (ММЗ) [3]. Этот метод применен в различных геологических условиях и позволил впервые увидеть субвертикальные геологические неоднородности там, где традиционные методы структурной сейсмологии не могли их обнаружить.

Проведенная ранее проверка методики ММЗ, доработанной с учетом специфических особенностей Архангельской области, при выделении неоднородностей на ряде эталонных объектов показали возможность эффективного выделения в микросейсмическом поле трубок взрыва «Ломоносовская» и С10 Архангельской Алмазонасной Провинции [12, 14] и других геологических неоднородностей.

При этом на разных этапах исследования структур трубок взрыва методом ММЗ возникает проблема неоднозначности их отражения на получаемых диаграммах, что требует доказательства достоверности, получаемых этим методом, данных. Например, при обследовании трубок взрыва им. М.В. Ломоносова Золотицкого [12], С10 Ненокского [14] полей выявилась их неоднозначность отображения на геофизических разрезах ММЗ (первая выражена низкоскоростным полем, а С10 – высокоскоростным), что вызывало сомнения у геофизиков в достоверности полученных результатов.

В связи с этим возникают новые, наряду со сходимостью с независимыми геофизическими данными, вопросы о различиях отражения на геофизических разрезах метода ММЗ тел трубок взрыва разных полей.

В данном сообщении делается попытка провести сопоставление структур алмазонасных трубок Пионерская и им. М.В. Ломоносова, С10, Чидвинская с целью выявления особенностей их изображения в микросейсмических полях на примерах разных кимберлитовых полей ААП: Золотицкого, Ненокского и Ижмозерского.

Для начала дадим краткую справку о структурах, полученных нами методом ММЗ, трубок им. М.В. Ломоносова, С10, Чидвинская, Пионерская. Подробные данные о структурах трубок рассмотрены в наших материалах [4,12-14].

Параметры экспедиционных работ и методика обработки.

Технические параметры проведенных экспедиционных работ и методика обработки включают замеры микросейсмических колебаний вдоль профилей, пересекающих трубки взрыва. Для получения более достоверной информации о трубках профиля были продолжены за пределы трубок на расстояния, сравнимые с размером трубок. В случае трубок взрыва им. М.В. Ломоносова и Чидвинская над телом трубки располагались порядка 10 пунктов замеров микросейсм, в случае трубки С10 – 4 пункта.

Для трубки Пионерская измерения микросейсм производились в 17 пунктах вдоль профиля длиной 1850 м, направленного с юга на север (рис. 3,а). Шаг между пунктами измерения составлял 50-100 м. Измерения микросейсм проведены сейсмической аппаратурой производства Guralp CMG-6TD: частотный диапазон 1-100 Гц, чувствительность 2000 В*м/с, масса 3 кг. При измерениях аппаратура устанавливалась непосредственно на дневную поверхность и ориентировалась по сторонам света. Шаг между пунктами замеров во всех случаях составлял 50-100 м. Время регистрации микросейсмических колебаний в каждом пункте составляло 90 минут.

Обработка данных замеров выполнялась с использованием программного комплекса ДАК [10]

Обсуждение результатов.

Кимберлитовая трубка им. М.В. Ломоносова (рис. 1,а) примыкает к восточному борту разлома, ее контуры отбиваются характерными вертикальными проводящими зонами. В выделенной структуре отмечено наличие двух фаз внедрения, сложенные непосредственно находящимися под перекрывающими породами ксенотуфо и автолитовыми брекчиями. Первые слагают юго-восточную, а автолитовые - северную и западную части трубки. Трубка по своему составу является двухфазной, ее жерло сложено, согласно данным [1] преимущественно двумя разновидностями вулканических брекчий, представляющих различные фазы становления жерла, образующих крутопадающие столбообразные тела: первая фаза-ксенотуфобрекчии; вторая фаза-автолитовые брекчии. Трубки взрыва сопровождаются параллельными и радиальными разрывными нарушениями. Разломы проявляются на диаграммах в виде контрастных низкоскоростных зон (рис. 1,а). Все указанные особенности в полной мере соответствуют структуре исследуемого объекта [2].

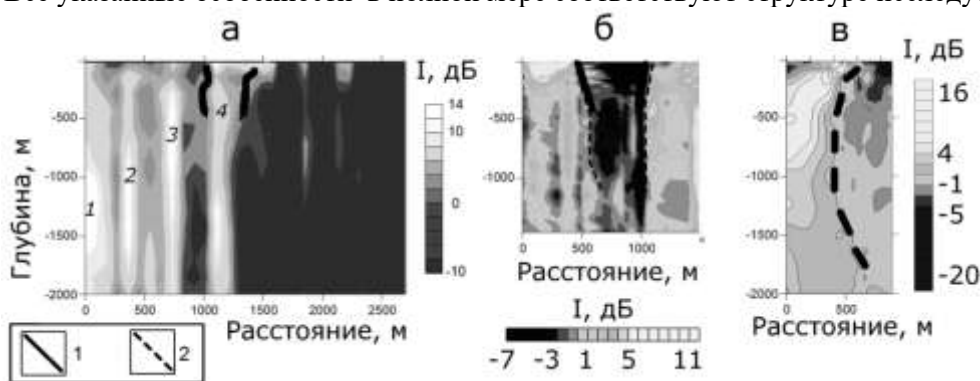


Рис.1. Геофизические разрезы вдоль профилей, пересекающих трубки взрыва: (а) им. М.В. Ломоносова, с номерами выделенных низкоскоростных неоднородностей, (б) трубки Чидвинская Ижмозерского поля ААП, (в) С10 Ненокского поля: 1 –контуры трубки взрыва по геофизическим данным [1,2]; 2 – контуры трубок взрыва по данным ММЗ.

Трубка Чидвинская (рис.1,б) является типичной воронкой взрыва с четко выраженным раструбом в верхней части, характеризующаяся сложным внутренним строением, обусловленным многофазностью ее формирования. По результатам исследования (рис. 1,б) трубка взрыва Чидвинская отображается в виде высокоскоростного трубчатого тела, контуры которого прослеживаются на глубину более 1000 м. В около трубчатом пространстве к западу и к востоку от бортов трубки располагаются низкоскоростные зоны, представленные вертикальными полосами повышенной интенсивности, интерпретируемые как зоны разрывных нарушений. При этом можно отметить, что границы бортов трубки практически совпадают с известными по геофизическим данным контурами трубки. Кроме того, результаты ММЗ находятся в согласии с результатами радиометрических исследований распределения таких показателей как суммарная интенсивность гамма-излучения и объемная активность радона в почвенном воздухе [13].

Трубка С10 (рис.1,в) принадлежит к щелочно-ультраосновному типу магнезиально глиноземистой серии пород, щелочного или ультращелочного состава, натрового типа щелочности, не имеющего аналога в мировой практике. По данным ММЗ на рис. 1,в отчетливо выделяется круто падающая зона повышенных скоростей с внедрением линзы еще более плотных пород. Ее размеры увеличиваются при приближении к поверхности с некоторой асимметрией. В пределах этой зоны выделяются, характерные для трубок взрыва, корневая (с глубины 2500 м), диатремовая (выше 1700м), переходная - жерловая (выше 900 м) и кратерная (с глубины 100 м) части с раздувами даек. В левой части диаграммы прослеживается низкоскоростная зона вмещающих пород, наиболее выраженная в пределах глубин от 0 до 900 м, причем к западу на глубинах менее 150 м уже располагаются высокоскоростные породы. Согласно данным [11], низкоскоростная зона является, контролирующей трубку, частью Верховского разлома.

Кратерная часть трубки взрыва Пионерская сложена осадочно-вулканогенными образованиями двух основных типов пород – туфогенных и туфогенно-осадочных суммарной мощностью около 120 м. Комплекс перекрывающих пород представлен четвертичными и каменноугольными отложениями средней суммарной мощностью около 50 м, которые сплошным чехлом залегают над вендскими отложениями. Жерловую фацию трубки заполняют автолитовые брекчии, ксенотуфобрекчии и порфиоровые разности пород, слагающие отдельные рудные столбы. В верхней части жерловой фации преобладают ксенотуфобрекчии, нижняя часть сложена автолитовыми брекчиями [4].

На геофизическом разрезе трубки вдоль профиля юг-север (рис. 2) южная часть тела трубки представлена в виде хорошо выраженной низкоскоростной аномалии (положительными значениями относительной интенсивности микросейсм), наиболее контрастно выраженной на глубинах 300-600м. Более отчетливо проявляется первая фаза внедрения трубки, представленная ксенотуфобрекчией. Вторая фаза внедрения, представленная автолитовой брекчией, выражена на геофизическом разрезе в виде слабоконтрастной зоны несколько повышенной скорости.

Северная часть трубки (пункты 11-16, рис.2) по относительной интенсивности микросейсм не отличается от вмещающих пород. В южной части (пункты 5-9) на глубинах 600 м – 1300 м, предположительно, отображается корень трубки. Вмещающая среда около трубочного пространства в южной части от трубки взрыва характеризуется на глубинах 300-700 м контрастной высокоскоростной зоной с внедрением небольших, менее высокоскоростных, участков и с наличием резко выраженной близ поверхностной низкоскоростной зоны до глубины 250 м. С севера от трубки на всех глубинах вмещающая среда высокоскоростная.

Уверенное совпадение результатов ММЗ с геолого-геофизическими данными указывает на достоверность получаемых данных. Однако из анализа изображений тел рассмотренных трубок на геофизических разрезах можно заключить о неоднозначном отображении тел трубок (рис.1,а-в, 2).

Различия в отображениях трубок на диаграммах зондирования микросейсмических полей могут быть связаны с особенностями состава трубок. Заметим прежде, что трубки взрыва Золотицкого поля – им М.В. Ломоносова и Пионерская должны быть сходны по вещественному составу и строению. В самом деле, по литературным данным [6] известно предположение о закономерности сходимости между собой по вещественному составу и строению в пределах всех алмазоносных провинций трубок взрыва одного кимберлитового поля и значительному отличию от таковых в других кимберлитовых полях. Причем сходство в составе и строении трубок одного поля и различие в составе и строении трубок различных полей им объясняется предположением о вертикальной неоднородности алмазопродуцирующих магматических очагов [6]. Исходя из этой гипотезы, в пределах кимберлитового Золотицкого поля можно ожидать похожесть вещественного состава трубок взрыва им. Ломоносова и Пионерская, как расположенных на территории одного и того же поля. О верности гипотезы о похожести вещественного состава и отражения в микросейсмических полях ММЗ структур трубок одноименного кимберлитового поля

свидетельствует однозначное представление на геофизических разрезах ММЗ тел трубок (рис.1,а и 3а, б) в виде низкоскоростных зон.

Доказательство соответствующего отражения на геофизических разрезах тел трубок различных полей ААП можно получить из анализа информации о вещественном составе трубок различных кимберлитовых полей ААП, представленных выше.

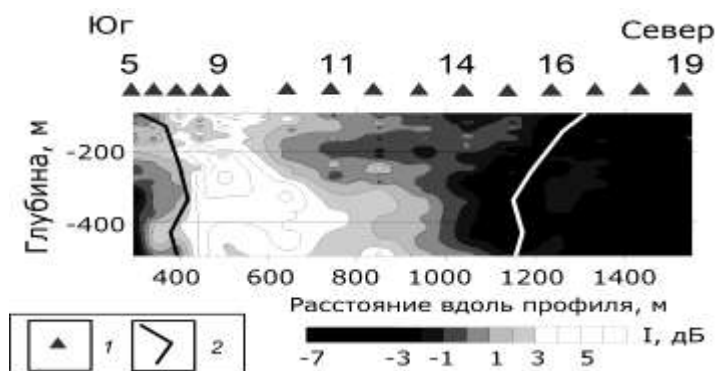


Рис. 2 Геофизический разрез вдоль профиля, пересекающего трубку взрыва «Пионерская»: 1 – пункты замеров микросейсм, 2 – борта трубки взрыва.

В самом деле, известно из работы [7], что типоморфный состав трубок Ненокского и Ижмозерского полей практически одинаков, но несколько отличается от трубок Золотицкого поля. В работах [8,9,11] указывается на повышенное (на порядок) содержание натрия, связанного с наличием в породах фельдшпатидов, и на особенно большое соотношение щелочей $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Здесь же содержится информация о принадлежности породы трубки С10 к щелочно - ультраосновным вулканитам натриевого типа щелочности и об отличии их высоким отношением $\text{Na}/\text{K}=10,9$ от пород известных трубок Ненокского поля. Подобная информация о значительном превышении в породах трубки Чидвинская натрия над калием содержится в работе [5].

Очень важное, на наш взгляд, отличие заключается в том, что кимберлиты трубки им. М.В. Ломоносова характеризуются примерно равными соотношениями между K_2O и Na_2O , в то время как в породах трубок взрыва С10 и Чидвинская, наблюдается значительное превышение Na_2O над K_2O .

Перечисленные различия в составе пород рассматриваемых трубок взрыва могут отражаться на результатах ММЗ. В самом деле, в связи с одинаковостью типоморфного состава пород трубок С10 и Чидвинская их поля ММЗ представлены одинаковыми (высокоскоростными) зонами. В отличие от них для трубок им. Ломоносова и Пионерская, с отличающимся типоморфным составом от пород этих трубок, поля ММЗ представлены уже низкоскоростными зонами. Понятно, что региональные отличия пород всех трубок отражаются индивидуальными особенностями каждой трубки, однако общая тенденция сохраняется.

Заключение

Как показано в нашем сообщении, ответ на вопрос некоторых исследователей, почему тела трубок взрыва различных полей ААП на геофизических разрезах ММЗ могут быть представлены либо низкоскоростными, либо высокоскоростными зонами, следует из утверждения, что подобная закономерность зависит от состава пород, слагающих трубки, и прежде всего от соотношения Na_2O и K_2O . В данном случае уже на другой трубке взрыва «Пионерская» мы получаем подтверждение ранее высказанного предположения [14].

В самом деле, сопоставление на геофизических разрезах ММЗ (рис.2 и 1,а) трубок взрыва «Пионерская» и им. М. В. Ломоносова, расположенных в пределах одного и того же Золотицкого поля, выражены низкоскоростными зонами. Они низкоскоростные в отличие от высокоскоростных зон трубок взрыва С10 и Чидвинская других кимберлитовых полей ААП – Н е н о к с к о г о и И ж м о з е р с к о г о .

Работа выполнена в рамках программы ФАНО № АААА-А16-116052710111-2.

Список литературы

1. Вержак Д.В., Гаранин К.В. Экологические проблемы освоения месторождений алмаза Архангельской алмазоносной провинции и некоторые пути их решения // Геология алмаза - настоящее и будущее. Воронеж: изд-во ВГУ, 2005. С. 246-260.
2. Вержак В.В., Медведев В.А., Веричев Е.М. и др., Отчет о результатах разведки кимберлитовых трубок месторождения им. М. В. Ломоносова в 1983-1987 гг. // Архангельск: ПГО «Архангельскгеология» Беломорская геологоразведочная экспедиция, 1987. - 2534 с.
3. Горбатилов А.В. Пат. РФ № 2271554. // Бюл. изобр. 2006, № 7.
4. Данилов К.Б., Афонин Н.Ю., Кошкин А.И. Строение трубки «Пионерская» Архангельской Алмазоносной провинции по данным комплекса пассивных сейсмических методов. // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2017. №2. Вып. 34. С. 90-98.
5. Ерёменко А.В. "Особенности геологического строения, вещественного состава и геодинамики формирования трубок взрыва Ижмозёрского поля Архангельской алмазоносной провинции". Автореферат. Диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. М.:МГГРУ, 2004. 26с.
6. Ерёменко А.В. О механизме формирования кимберлитовых диатрем ААП. // Вестник ВГУ, Геология, 2003. №1.С. 158-163.
7. Ерёменко А.В., Ненахов В.М. Геология и геодинамическая модель формирования трубок взрыва ААП // Вестник ВГУ, Геология, 2002, №1. С. 36-42..
8. Каминский Ф.В. Щелочно-базальтовые брекчии Онежского полуострова // Изв. АН СССР, Сев. Геол. – 1976 - №7 –С. 50-59.
9. Лешуков С.И., Белов А.В., Прусакова Н.А., и др. Поисковые работы на алмазы на Онежской площади (Архангельская область). Отчет по объекту 1-75/07. Гос. контракт №1.Лицензия АРХ 01210 КП // ЗАО Архангельские Алмазы , 2010. 1864 с.
10. Попов Д.В., Данилов К.Б., Жостков Р.А. и др. Обработка цифровых записей микросейсм в программном комплексе ДАК // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49. № 2. С. 44- 57
11. Станковский А.Ф., Данилов М.А., Гриб В.П., Сеницын А.В, Трубки взрыва Онежского полуострова // Сов. Геология 1973. № 8-С 69-78.
12. Французова В.И., Данилов К.Б. Структура трубки взрыва им. М.В. Ломоносова Архангельской Алмазоносной Провинции // Вулканология и сейсмология. 2016,а. №5. С.71-78.
13. Французова В.И., Киселев Г.П., Данилов К.Б., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В. Опыт сейсмологического и геофизического методов при исследовании трубки взрыва Чидвинская Ижмозерского поля Архангельской Алмазоносной Провинции.// Матер. 11 межд.сейсм. школы. Обнинск, 2016,б. С.353-357.
14. Французова В.И., Данилов К.Б. Сравнение результатов исследования методом микросейсмического зондирования трубок взрыва Архангельской Алмазоносной Провинции// Матер. Всерос. конф. "Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов". Воронеж: ВГУ. 2016.в. С. 409-413.