

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ:
ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ**

**Материалы XVI конференции молодых ученых,
посвященной памяти члена-корреспондента АН
СССР
профессора К.О. Кратца**

Апатиты 2005

УДК: 55+552.11+550.948+502

Сборник материалов конференции включает доклады молодых специалистов в различных областях наук о Земле академических, учебных и производственных организаций России и зарубежных стран, представленные на XVI конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР профессора К.О. Кратца, проходившей 15-19 ноября 2005 г. в Геологическом институте КНЦ РАН, г. Апатиты. Он состоит из пяти тематических частей: - Геология, петрология и петрохимия, - Геохимия и геохронология, - Минералогия и кристаллография, - Полезные ископаемые, - Геоэкология. В статьях, представленных к публикации, рассматриваются не только проблемы региональной геологии и экологии, но и общего научного, прикладного и методического значения.

Сборник будет интересен и полезен ученым, аспирантам, студентам, ведущим исследования в области геологии, геохимии, геохронологии, геоэкологии и других геологических дисциплин.

Геология и геоэкология: исследования молодых. Материалы XVI конференции молодых ученых, посвященной памяти члена-корреспондента профессора К.О. Кратца. Под редакцией акад. РАН Митрофанова Ф.П.. г. Апатиты, 15-18 ноября 2005 г. – Апатиты, 2005. – 426 С.

Издано по решению Ученого совета

Геологического института

к 75-ти летию КНЦ РАН

при финансовой поддержке Фонда содействия отечественной науке

Главный редактор – акад. РАН Ф.П.Митрофанов

Научные редакторы – секции 1,2 - к.г.-м.н. В.А. Припачкин, 3, 5 - д.г.-м.н.

Ю.Л. Войтеховский, 4 - к.г.-м.н. Ю.Н. Нерадовский. Техническая редакция – В.Ю. Калачев, Е.А. Ниткина, макетирование – Н.Н. Галкин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ АНИЗОТРОПИИ УПРУГИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ИНТЕРВАЛА 4-5 КМ КОЛЬСКОЙ И НЕМЕЦКОЙ СВЕРХГЛУБОКИХ СКВАЖИН

Ковалевский М.В., Ильченко В.Л., Головатая О.С.

Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, koval@geoksc.apatity.ru

В данной работе приведены предварительные результаты исследования упругих свойств керна таких сверхглубоких скважин как Кольская (СГ-3) и Немецкая (КТВ). Интервал отбора образцов от 4,1 до 5,3 км. До проходки сверхглубоких скважин считалось, что степень анизотропии упругих свойств горных пород с глубиной уменьшается, и ее влиянием на напряженно-деформированное состояние массивов при проектных расчетах вертикальных горных выработок, а также при обработке и интерпретации данных геофизических исследований пренебрегали. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что на значительных глубинах могут залегать горные породы с высокой степенью анизотропии упругих свойств, которую необходимо учитывать при расчетах.

Введение

Научное бурение глубоких и сверхглубоких скважин – это уникальная возможность заглянуть «вовнутрь» земной коры. Самой глубокой в мире является Кольская сверхглубокая скважина СГ-3 (Россия, Заполярный, глубина 12261м), второе место принадлежит Немецкой сверхглубокой скважине КТВ (Германия, Виндишешенбах, глубина 9101м) [1]. Изучение физических, в том числе упругих параметров массива, вскрытого скважиной, открыло возможность представить реальную модель изменений свойств и состояния кристаллических пород верхней и средней части земной коры. Разрезы таких глубин позволяют выполнить анализ большого спектра геологических и геофизических объектов, таких как минералы, кристаллические породы, геологические толщи, свиты и др. Результаты, полученные в последнее время, позволяют составить общее представление об упруго-анизотропных свойствах кристаллических пород, извлеченных со значительных глубин [2-6]. Изучение свойств и состояния горных пород вдоль разрезов СГ-3 и КТВ позволяет наиболее точно определить закономерные изменения свойств пород земной коры в большом диапазоне глубин.

В работе приведены результаты исследований упруго-анизотропных свойств некоторых образцов керна скважин КТВ [1] и СГ-3 [3] в диапазоне глубин 4,1÷5,3 км. В этом интервале скважин вскрыты метаморфизованные породы. Анализ полученных данных показал, что измеренные образцы чаще всего представляют собой среды с орторомбическим (ортотропным) типом упругой симметрии. Все известные эффекты, возникающие при распространении упругих колебаний в анизотропных средах, в разной степени присутствуют и в изученных породах. Определения выполнены на основе последних усовершенствований акустополяризационного метода и приборов для определения упругих свойств [4,7,8].

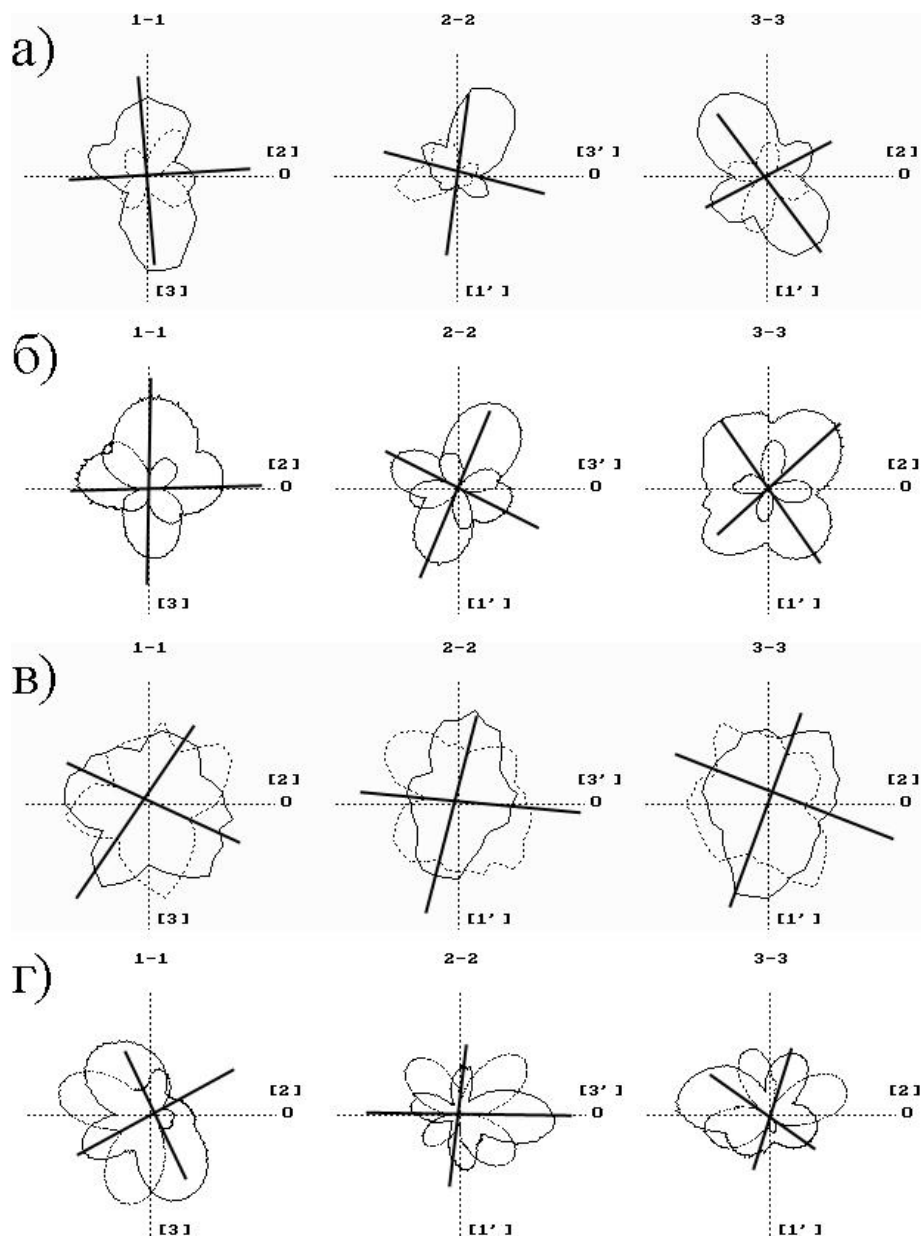


Рис. 1. Акустополяриграммы образцов керна СГ-3 (а, в), КТВ (б, г). а) – обр.17775с, гл. 4673м; б) - Н003 D20б, гл. 4251м; в) – обр.17797, гл. 4687м; г) - обр.Н005 А8, гл. 4447м

По специальной методике [4,8] были изучены 8 образцов, изготовленных из керна КТВ (глубина отбора 4,1÷5,4 км) и 27 образцов, изготовленных из керна СГ-3 (глубина отбора 3,91÷5,33 км). Зависимости упругих характеристик от глубины скважин для параметров анизотропии и плотности образцов показаны: для скважины КТВ (табл.1, рис.2); для скважины СГ-3 (табл.2, рис.3).

Обсуждение результатов

Анализ акустополяриграмм образцов показал, что все изученные образцы горных пород анизотропны. Практически во всех случаях проекции элементов упругой симметрии выделяются достаточно четко. Это следует из ориентации положения проекций элементов упругой симметрии [2]. Полученные значения показателей анизотропии A_p и B_s показывают, что изученные образцы скважины КТВ обладают анизотропией упругих свойств. Среди них, образцы Н003, Н007, Н012 проявляют высокую степень анизотропии: по продольным волнам - 12÷15; по поперечным волнам - 12÷16 (табл.1). Для образцов скважины СГ-3 (обр.17775S, обр.18679S, обр.18880)

наибольшие величины показателей анизотропии составляют: по продольным волнам - $41 \div 63$; по поперечным волнам - $35 \div 36$ (табл.2). Средние показатели анизотропии получены: СГ-3 ($A_p = 0,25$; $B_s = 0,22$); КТВ ($A_p = 0,13$; $B_s = 0,11$), т.е. образцы из рассматриваемого диапазона глубин СГ-3 обладают значительно более высоким уровнем упругой анизотропии, чем образцы КТВ.

Таблица 1. Некоторые характеристики образцов разреза КТВ

№ Образца	Глубина H , м	Наименование породы	Плотность ρ , г/см ³	A_p / B
H001	4149	амфиболит	2,71	14 / 10
H003	4251	амфиболит	2,88	15 / 16
H005	4447	амфиболит	3,09	07 / 05
H007	4592	роговообманковый гнейс – амфиболит	2,81	12 / 15
H009	4684	гранатовый амфиболит	2,88	12 / 06
H010	4820	гранатовый амфиболит	2,92	10 / 04
H012	5082	гранатовый амфиболит	2,83	15 / 12
H014	5378	амфиболит	2,87	07 / 12

Таблица 2. Петрографические и текстурно-структурные характеристики образцов керна и величина диаметра ствола СГ-3 (глубинный интервал 3916-5333 м)

№ Образца	Глубина H , м	Наименование породы	Плотность, ρ , г/см ³	A_p / B
14750	3916,35	Метабазальт актинолитизированный	3.06	3,8 / 2,4
15238	4011,2	Метадолерит	2,92	10,42 / 7,26
17775S	4673,0	Тальк-альбит-хлоритовый сланец	2,97	41,8 / 36,1
17797	4686,90	Бластомилонит по риодациту	2.74	30,4 / 39,5
17810	4693,30	Бластомилонит по риодациту	2.69	24,9 / 35,4
18482	4885,00	Сланец кварц-магнетит-слюдистый по метаандезиту	3.14	18,1 / 16,7
18640	5033,10	Метаандезит	2.91	9,7 / 17,4
18679S	5056.0	Ортофир милонитизированный	2,78	63,7 / 12,5
18758	5115,35	Бластомилонит по метабазальту	2.86	22,4 / 15,3
18880	5298,80	Метатрахит	2.82	49,8 / 35,8

Образцы были отобраны приблизительно с одного интервала глубин. Поэтому, исходя из теории академика Динника, должны были испытывать схожие давления и как следствия иметь схожую степень упругой анизотропии. Однако, на данной глубине разреза Кольской сверхглубокой скважины выделен Лучломпольский разлом [3] и образцы керна этого интервала имеют характерные изломанные акустополяриграммы и высокую степень анизотропии упругих свойств (рис.3). Отобранные выше или ниже данного разлома (обр. 18640, обр. 18758) образцы, не подвергшиеся тектоническому воздействию, имеют схожую с анизотропией образцов КТВ, более низкую степень анизотропии упругих свойств (табл.2).

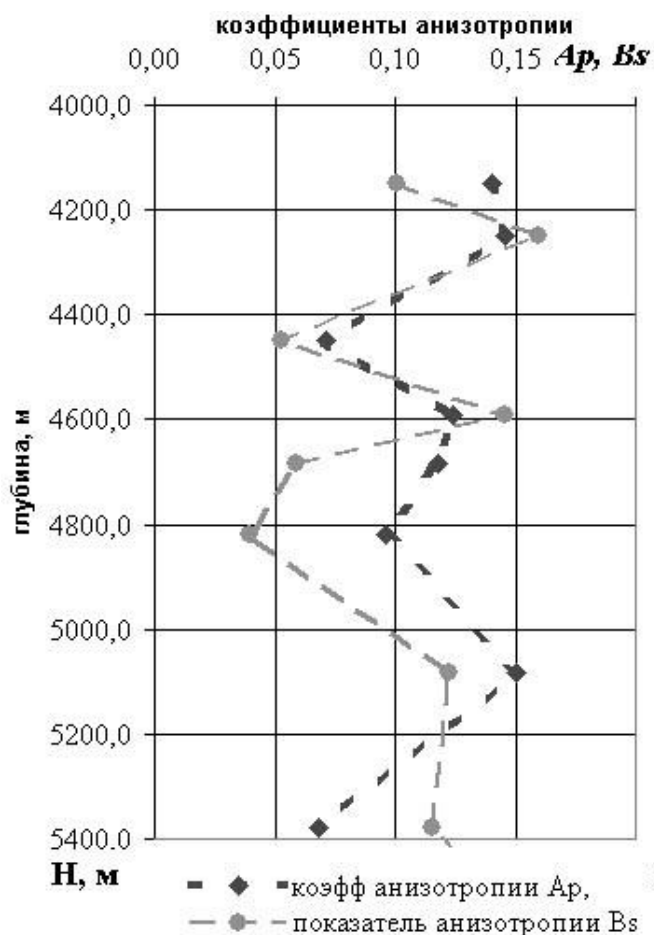


Рис.2 Изменение показателей упругой анизотропии с глубиной по разрезу КТВ.

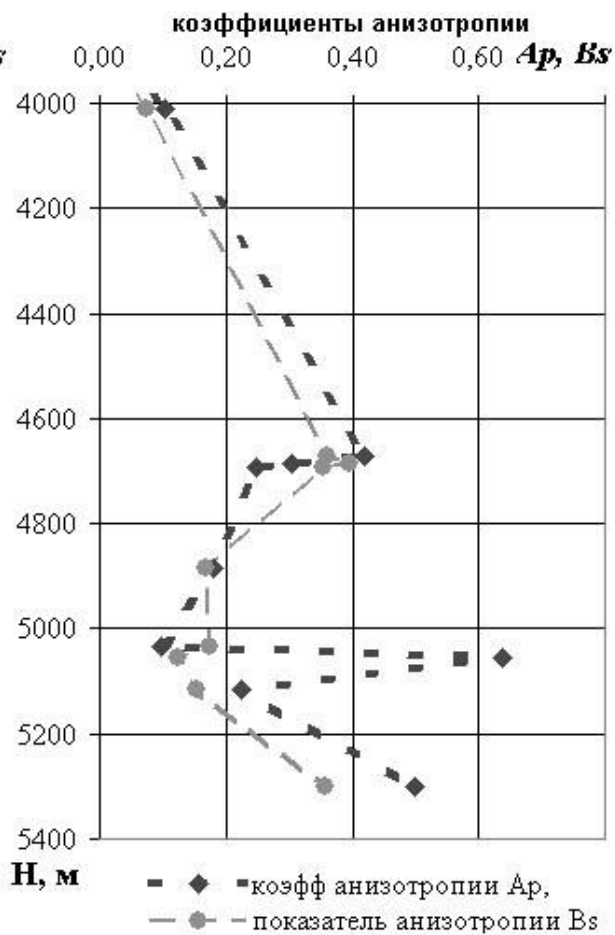


Рис.3 Изменение показателей упругой анизотропии с глубиной по разрезу СГ-3.

Анализ акустополяриграмм образцов, отобранных из верхней части (3.9-4.1км) исследуемого интервала (актинолитизированные сланцеватые metabазальты) выявляет слабо анизотропные среды, несмотря на сланцеватость и выполненную кальцитом трещиноватость. При этом диаграммы векторы параллельны (ВП) [2] практически не имеют лепестков, а диаграммы векторы скрещены (ВС) представлены розетками малого размера без ярко выраженных экстремумов. Это свидетельствует об их незначительной упругой анизотропии [3,5]. Однако, образцы, отобранные из интервала, соответствующего зоне Лучломпольского разлома (обр.18679, табл.2) обладают весьма неровными и изломанными очертаниями. Как правило, такие акустополяриграммы наблюдаются на неоднородных или частично разрушенных горных породах. Данный факт является результатом значительных динамических воздействий на эти породы в разные геологические периоды [6].

Выводы

В диапазоне глубин от 4,1 до 5,3 км все изученные нами образцы керна как Немецкой, так и Кольской сверхглубоких скважин обладают анизотропией упругих свойств. Образцы скважины СГ-3 обладают значительно более высокими показателями упругой анизотропии, чем образцы КТВ. Средние показатели анизотропии получены: СГ-3 ($A_p = 0,25$; $B_s = 0,22$); КТВ ($A_p = 0,13$; $B_s = 0,11$). Анизотропия упругих свойств может быть связана

с образованием систем микротрещин при освобождении породы от литостатических напряжений в процессе выбуривания. В этом случае тщательный анализ акустополяриграмм и разработка соответствующей методики вполне может дать ответ на вопрос реконструкции палеотектоники данного региона.

Из наблюдений за кавернообразованием (вывалы породы из стенок скважины) в зоне Лучломпольского разлома СГ-3 следует, что наиболее опасными являются участки с максимальной анизотропией. Данные интервалы характеризуются максимальными размерами каверн. Поднятый на поверхность материал представлен только буровым шламом. Между этими интервалами расположены менее анизотропные породы, откуда и был отобран керн для изучения. Таким образом, высокая степень упругой анизотропии горной породы является признаком понижения её прочности, что может приводить к потере устойчивости ствола скважины.

В настоящее время все большее внимание уделяется проектам, направленным на решение задач по захоронению вредных веществ (радиоактивных отходов и др.). Поэтому для соблюдения экологической безопасности и во избежание катастрофических последствий, при проведении подготовительных инженерных работ на массивах, предназначенных для таких захоронений, одним из обязательных условий должно быть проведение геодинамических реконструкций на основе оценки показателей анизотропии пород и палеонапряжений.

Изложенные результаты исследований получены, при финансовой поддержке РФФИ 03-05-64169-а, гранта Acoustical Society of America RX0-1210(3)3-XX-04, проекта ИНТАС-01-0314.

Литература

1. **Emmermann R.**, Althaus E., Giese P., Stockhert B.. KTB Hauptbohrung. Results of Geoscientific Investigation in the KTB Field Laboratory. Final Report: 0-9101m. KTB Report 95-2. Hannover. 1995.
2. **Горбацевич Ф.Ф.** Акустополарископия горных пород. - Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. - 204 с.
3. **Кольская** сверхглубокая. М.: МФ «ТЕХНОНЕФТЕГАЗ», 1998.- 260 с.
4. **Горбацевич Ф.Ф.** Акустополарископия породообразующих минералов и кристаллических пород. - Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2002. - 140 с.
5. **Горбацевич Ф.Ф.,** Головатая О.С., Ильченко В.Л., Смирнов Ю.П., Керн Х., Попп Т., Смитсон С., Ай Е., Христенсен Н. Упругие свойства некоторых образцов пород по разрезу Кольской сверхглубокой скважины, определенные при атмосферных условиях и условиях *in situ*. // Физика Земли, №7, 2002, с.46-55.
6. **Ильченко В.Л.,** Горбацевич Ф.Ф., Смирнов Ю.П. Анизотропия упругих свойств керна и состояние пород околоствольного массива Кольской сверхглубокой скважины в зоне Лучломпольского разлома. //Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. №3, 2005, с.1-11.
7. **Ковалевский М.В.,** Головатая О.С., Горбацевич Ф.Ф. Автоматический акустополарископ для измерения упругих и неупругих параметров твердых сред // Сборник трудов XI сессии РАО. - М.: Геос, 2001. - Т.2. - С.117-121.
8. **Ковалевский М.В.** К вопросу о совершенствовании методики исследований упругих характеристик геоматериалов методом акустополарископии // Информационные материалы 12-й научной конференции: структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента.- Сыктывкар: Геопринт, 2003.- С.123-125.