

Таким образом, в развитии южной части плато Кергелен, можно выделить три этапа. Первый, раннемеловой характеризуется широким развитием эффузивного магматизма в субаэрально-мелководной обстановке. Второй позднемеловой, установился после длительного перерыва, он отвечает геократическому режиму, который определял условия осадконакопления на большей части южного Кергелена. Третий этап наступил на рубеже мел – кайнозоя. Он характеризуется сменой условий седиментации, преимущественно на глубоководные, в относительно спокойной тектонической обстановке.

3. СТРОЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОТЛОВИНЫ

Изучение морфоструктуры обширного поднятия, расположенного к западу от плато Осборн (известного в литературе как хребет Ланка) позволили выделить в его строении западную и восточную части, различающиеся по своему строению. Восточная часть представляет собой систему расположенных кулисообразно островершинных гряд и желобов. Простираясь от 6° 30' ю.ш. в южном направлении, эта система на широте плато Осборн (11° ю.ш.) отклоняется к югу – юго-западу, как бы огибая плато с запада, и выклинивается на широте 13° ю.ш. В тектоническом отношении эта узкая сложнорасчлененная зона, представляет собой разлом, который, учитывая его географическую принадлежность к 85° в.д., можно назвать «Разломом 85°». Этот разлом отделяет хребет Ланка от одноименной котловины, расположенной к востоку от него.

Западная часть поднятия является собственно хребтом Ланка. Для него характерно мозаично блоковое строение, что подчеркивается извилистыми контурами изобаты 5 тыс. м., огибающей хребет с запада и примерно совпадающий с его подножием. Наибольший интерес представляет строение южного блока, который на широте 14° – 15° ю.ш. в плотную смыкается с плато Осборн. Между ними, по имеющимся батиметрическим данным, прослеживается седловина с глубинами порядка 4600 м. не затронутая разломом 85°.

На СРТМ «Хийуранд» в 1989 г. (Гутников А.С.) драгированием были обследованы склоны южного блока хребта Ланка. На его северном склоне на 12° ю.ш. были установлены выходы вулканических пород и под чехлом современных рыхлых отложений обнаружены участки более древних образований – плотных глин, аргелитов, органогенных известняков. На южном склоне хребта на 14° ю.ш. с глубины 4454 м. были подняты образцы тектонической брекчии, состоящие из обломков глинистых пород с останками органики (радиолярии датируемые мезозоем).

Таким образом, учитывая, что между южным блоком хребта Ланка плато Осборн прослеживается структурная связь и общие черты строения осадочных толщ, можно говорить об их морфогенетическом единстве. Исходя из этого, можно предположить существование обширной реликтовой структуры на месте современной центральной котловины. Эта структура, так же как и асейсмичные поднятия восточной части ИО, в своем развитии испытало мелководную фазу развития, сменившуюся в среднем эоцене устойчивыми дифференцируемыми блоковыми погружениями, приведшими, в конечном счете, к современному облику дна Центральной котловины.

О ВАРИАЦИЯХ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНИЗОТРОПИИ УПРУГИХ СВОЙСТВ КЕРНА КОЛЬСКОЙ СВЕРХГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ И ПОРОД-АНАЛОГОВ КЕРНА СГ-3 ИЗ ОБНАЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЬСКОГО МЕГАБЛОКА

Ильченко В.Л.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, vadim@geoksc.apatity.ru

Считается, что кристаллические щиты являются прочными и стабильными участками, наиболее перспективными и пригодными, в том числе, и для захоронения в них высокотоксичных отходов [1]. Кристаллические платформенные основания и щиты отличаются сложно-складчатым строением и частой сменой по разрезу петрографического состава при небольшом наборе породных разновидностей (в нашем случае преобладают гнейсы и гнейсограниты), исторически обусловленными процессами становления этих геологических образований. Кроме того, такие районы характеризуются низкой сейсмичностью и глубокой древностью пород. Древность предполагает накопление большого количества информации, обусловленной различными видами геохимического и силового воздействия на горные породы и слагаемые ими структуры. Всевозможные виды воздействия на породу отражаются в степени её метаморфизма, а физические характеристики во многом зависят от её напряженно-деформированного состояния, прямым отражением которого является анизотропия упругих свойств породы.

На Центрально-Кольском мегаблоке лучше всего в плане исследования анизотропии упругих свойств (и других физических характеристик) изучен разрез, вскрытый Кольской сверхглубокой скважиной (СГ-3) [2]. После проведения работ по проекту МПГК-408, цель которого состояла в сопоставлении всеми доступными научными методами керна СГ-3 с его аналогами из обнажений коренных пород на поверхности [3], были

сделаны некоторые новые выводы. Один из них заключался в том, что распределение керна по степени анизотропии упругих свойств может быть описано графиком затухающего колебания, откуда следует, что в совокупность параметров, контролирующих геодинамику данного мегаблока, входит волновая компонента [4]. Для образцов-аналогов из обнажений коренных пород с поверхности аналогичная зависимость описывалась кривой, похожей на график степенной функции. Тогда же было высказано предположение, что такая зависимость может быть обусловлена способом отбора образцов – неравномерным распределением точек отбора по довольно обширной площади (от провинции Сёр-Варангер в Норвегии до Ура-губы – Мурманский блок), в то время как керн СГ-3 был опробован по всему разрезу с шагом около 100 м и «нанизан» на траекторию скважины, что равносильно отбору образцов по почти прямому профилю.

В ходе заключительных работ по проекту МПГК-408, из архейского обрамления Печенгской структуры было отобрано 110 ориентированных образцов с шагом около 200 м по субширотно ориентированному профилю от п. Печенга до оз. Ларасъярви (рисунок). Протяженность профиля составила более 22 км. Этот профиль трассирует восточную часть Лиинахамарского блока и почти весь Суормусский блок (являющиеся составными частями Центрально-Кольского мегаблока). Оценка тектонизированности пород этого района комплексным методом (в том числе и их анизотропии упругих свойств по скоростям распространения продольных волн) была проведена ранее исследователями ИГЕМ РАН и ОИЯИ [5]. Геология этого района ранее было хорошо изучена геологами из ВСЕГЕИ [6].

В описываемой здесь работе образцы были изучены посредством акустополаризационного метода, суть которого, а также формулы для вычисления анализируемых показателей анизотропии упругих свойств пород и способ определения плотности, изложены в статье Ильченко В.Л. «Петрофизические особенности нижнего расслоенного горизонта Панского массива (Кольский полуостров)», опубликованной в настоящем сборнике.

Для всех образцов были проанализированы геологические параметры (азимут и угол падения) залегания пород и вариации пространственного положения (азимут и угол падения) главных плоскостей упругой симметрии. Затем была вычислена разность между геологическими элементами залегания пород и пространственным положением их плоскостей упругой симметрии для азимута $\Delta A_{пл.}$ и для угла падения $\Delta \angle_{пл.}$, что также вынесено на соответствующие графики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геологами из ВСЕГЕИ [6] ранее было установлено, что в пределах Лиинахамарского блока с запада на восток уменьшается глубина эрозионного среза. Профиль, по которому были отобраны описываемые здесь образцы, проложен субширотно и отражает, скорее, уменьшение с запада на восток степени эродированности поверхности, которая подчеркивается вариациями сложности рельефа и возрастанием в восточном направлении высотных отметок профиля над уровнем моря. Это возрастание начинается довольно резко после участка, который приблизительно соответствует разломной зоне, отделяющей Лиинахамарский блок от Суормусского.

Результаты акустополарископии. Большинство акустополариграмм имеет характерную для гнейсов и гнейсогранитов форму, почти все образцы проявляют эффект линейной акустической анизотропии поглощения (ЛААП) плоскостного типа (свойственный породам с гнейсовидными текстурами) [7]. Не взирая на неоднородность петрографического состава и частую смену пород по профилю, на обоих рисунках читается тенденция к уменьшению в образцах с запада на восток показателей анизотропии. При этом величины показателей анизотропии с запада на восток имеют волнообразный характер вариаций. «Волны» Лиинахамарского блока имеют «длину» (как расстояние между соседними минимумами) приблизительно 6.5 км и «амплитуду» – максимальное значение величины показателя A_p варьирует в пределах 50-60%, B – 35-45%. На Суормусском блоке также можно выделить две «волны» «длиной» около 2.2 км и «амплитудами» для A_p в пределах 15-25%, для B – 20-30%.

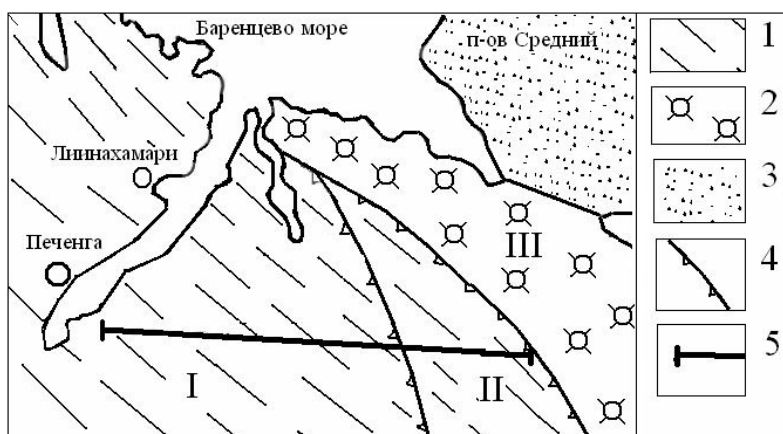


Схема расположения профиля отбора образцов.

1 – архейские биотитовые гнейсы, мигматиты и амфиболиты Лиинахамарского (I) и Суормусского (II) блоков, 2 – архейские гранитогнейсы и эндрериты Мурманского (III) блока, 3 – рифейские осадки, 4 – разломы, 5 – линия профиля

В зоне контакта Суормусского и Лиинахамарского блоков (особенно это проявлено в значениях показателя анизотропии В) наблюдается «сбой», смена западного «мотива» восточным. Отсюда вытекает, что эти блоки, как автоколебательные системы [10], развивались каждый в своём собственном волновом режиме [11].

Данные о вариациях плотностных характеристик образцов по профилю дают достаточное представление о петрографической неоднородности разреза. Подавляющее количество образцов имеет плотность в интервале значений 2.6-2.8 г/см³ (при средней плотности пород для Балтийского щита 2.72 г/см³ [12]). По плотностным характеристикам Лиинахамарский блок почти не отличается от Суормусского, за исключением нескольких образцов, отобранных из пластовых тел амфиболитов. Явных признаков какой-либо периодичности в чередовании петрографических разностей по профилю не обнаружено.

Исследование вариаций значений $\Delta A_{\text{пл}}$ и $\Delta L_{\text{пл}}$ имело своей целью оценить, как сильно отличается пространственное положение (элементы залегания) породных тел от определенного акустополаризационным методом пространственного положения плоскостей упругой симметрии образцов.

Совпадение элементов залегания породы (текстуры) с положением плоскости упругой симметрии может означать, что такая порода либо всё время своего существования находилась в неизменном поле напряжений, либо обладает несокрушимой прочностью и жёсткостью, на которые никак не могут повлиять тектонические процессы, что крайне сомнительно. Тем не менее, около 25% изученных образцов показали совпадение элементов залегания плоскости упругой симметрии с элементами залегания и текстурой геологических тел, из которых были отобраны эти образцы. Отсюда вытекает, что избирательность воздействия геодинамических процессов на породы в пределах отдельных геоблоков в их границах оставалась практически неизменной на протяжении всей истории их существования.

Подобная же картина наблюдалась при сопоставлении пространственного положения (относительно оси керна) текстурных особенностей и плоскости анизотропии (то же, что и плоскость упругой симметрии) образцов керна СГ-3 [2]. Там (в СГ-3) наибольший разброс значений приходится на тектонизированные интервалы: 1.2-2.1 км, зона Лучломпольского разлома и др. Все эти интервалы являются концентраторами избыточных напряжений, сохранившихся со времени тектонических событий, поскольку тамошние породы отличаются повышенной выветленностью в стенках скважины и высокими значениями анизотропии упругих свойств [2]. Не исключено, что породы изученного профиля также, в соответствии с вариациями показателей анизотропии упругих свойств и значений $\Delta A_{\text{пл}}$ и $\Delta L_{\text{пл}}$ также являются концентраторами напряжений.

При изучении керна из зоны Лучломпольского разлома было установлено, что этот интервал представляет собой пачку тектонических пластин. Вариации значений анизотропии упругих свойств в пачке тектонических пластин имеют волнообразный характер распределения по разрезу и величина показателей анизотропии пород в отдельной пластине максимальна в краевых частях (у основания и кровли), минимальна во внутренних, а пространственное положение плоскости упругой симметрии образцов с ориентировкой их текстур в большинстве случаев совпадает [13]. Примерно то же самое наблюдается в породах исследованного здесь профиля.

ВЫВОДЫ

1. Сопоставление величин анизотропии упругих свойств образцов с относительными высотами их точек отбора показало наличие здесь обратной корреляции. В большинстве случаев, чем выше над уровнем моря точка отбора образца, тем менее он анизотропен. Таким образом, чем выше значение показателя анизотропии упругих свойств породы, тем более она подвержена разрушительному экзогенному воздействию и наоборот.

2. Индивидуальный характер волнообразного распределения анизотропии упругих свойств пород в соседних геоблоках (Лиинахамарском и Суормусском) подтверждает гипотезу [11] о наличии волновой компоненты в совокупности сил, контролирующей геодинамическую эволюцию литосферы.

3. Исследование вариаций значений $\Delta A_{\text{пл}}$ и $\Delta L_{\text{пл}}$ образцов показало, что динамическое воздействие на горную породу в масштабе геоблока, влекущее за собой изменения в пространственном положении её элементов упругой симметрии, происходит избирательно и избирательность, по-видимому, носит консервативный характер.

4. Установление предпосылок возникновения упомянутой выше избирательности может стать полезным при инженерно-геологических изысканиях, направленных на оценку литосферных блоков, рассматриваемых для строительства в них стратегических объектов и сооружений с весьма длительными сроками эксплуатации (могильники РАО и т.д.).

За помощь при выполнении данной работы автор весьма признателен сотрудникам ГИ КНЦ РАН Ф.Ф.Горбачеву, П.К.Скуфину и Н.Е.Козловой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №№ 03-05-64169, 07-05-00100-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Омеляненко Б.И. и др. Новые подходы к подземному захоронению высокоактивных отходов России. //Геозкология. 2000. №-1. С.3-12.

2. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследования. – М.: МФ «ТЕХНОНЕФТЕГАЗ», 1998. – 260 с.
3. Inaugural meeting of IGCP project N408: comparison of composition, structure and physical properties of rocks and minerals in the Kola Superdeep borehole (KSDB) and their homologues on the surface. //Episodes, 1998, v.21, N4, p.266.
4. Ильченко В.Л. О наличии волновой компоненты в вариациях анизотропии упругих свойств образцов керна Кольской сверхглубокой скважины. //Сборник трудов XV сессии Российского акустического общества, т.1.- М.: ГЕОС, 2004, с.313-316.
5. Лобанов К.В., Казанский В.И., Кузнецов А.В. и др. Сопоставление архейских пород из разреза Кольской сверхглубокой скважины и их аналогов с поверхности по результатам структурно-петрологических, петрофизических и нейтронографических исследований. //Петрология, 2002, т.10, №1, с.30-45.
6. Магматические и метаморфические комплексы пород Кольской сверхглубокой скважины. – Л.: Недра, 1986. – 228 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-т. Труды, новая серия, т. 335).
7. Горбачевич Ф.Ф. Акустополарископия горных пород. – Апатиты, 1995, 204 с.
8. Горбачевич Ф.Ф., Балаганский В.В., Иванова Н.Г. Акустополариметрия и определение упругой симметрии горных пород. (Методические рекомендации). – Апатиты, 1990, 84 с.
9. Горбачевич Ф.Ф., Головатая О.С., Ильченко В.Л. и др. Упругие свойства некоторых образцов пород по разрезу Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3), определенные при атмосферных условиях и условиях «in situ». //Физика Земли, 2002, №-7, с.46-55.
10. Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Егоров Д.Г. Введение в нелинейную геологию (опыт адаптации теории структур к геологической практике). – Апатиты, 1996, 185 с.
11. Ильченко В.Л. Волновые аспекты тектонической расслоенности литосферы, их роль в геодинамике и возможном прогнозе землетрясений. /Геофизика XXI столетия: 2005 г. Сборник трудов Седьмых геофизических чтений им. В.В.Федынского (3-5 марта 2005 г., Москва).- М.: Научный мир. 2006.- с.213-220.
12. Петрофизика. Справочник. В трёх книгах. Книга третья. Земная кора и мантия. /Под ред. Н.Б.Дортман.- М.: Недра, 1992. 286 с.
13. Ильченко В.Л., Горбачевич 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.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НИЖНЕГО РАССЛОЕННОГО ГОРИЗОНТА ПАНСКОГО МАССИВА (Кольский полуостров)

Ильченко В.Л.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, vadim@geoksc.apatity.ru

Западно-Панский расслоенный ультрамафит-мафитовый массив является частью раннепротерозойского Фёдорово-Панского комплекса. Массив этот имеет протяженность около 30 км, максимальную мощность 3840 м и юго-западное падение под углами 30-40°. Он представляет собой пластовое тело, сложенное, главным образом габбро-норитами, среди которых выделяют два горизонта интенсивно расслоенных пород: нижний (НРГ) и верхний (ВРГ) расслоенные горизонты [1]. В пределах НРГ (имеющего мощность 40-80 м) локализован Северный платиноносный риф. Характерной чертой НРГ является чередование пластов и протяженных линз разнотекстурированных габброноритов, лейкогаббро, анортозитов, норитов и ортопироксенитов [1]. При этом расслоенность НРГ лишена какой-либо ритмичности и представляется в значительной мере условной [2].

Помимо прочего, в НРГ обращают на себя внимание формы обособления некоторых местных пород и их механические свойства. В частности здесь (впрочем, как и в других частях Панского массива) имеют место небольшие (до 10 м) участки (тела) с чёткими, напоминающими зоны закалки границами (изометричные или продолговатые по форме), сложенные довольно рыхлой породой. Зона закалки представляет собой хрупкую мелкозернистую корку 2-4 см толщиной, разбитую со стороны дневной поверхности образующими многоугольными трещинами. Под коркой порода из этих участков выглядит так, словно из неё вынесен цемент и остались лишь кумуляты кристаллов породообразующих минералов. Эти участки выделяются в рельефе массива и представляют собой заполненные разупрочнёнными породами камеры, вскрытые с поверхности. Подобные аномалии (по более ранним наблюдениям) встречаются и в других местах Панского массива (в пределах ВРГ) и не только на поверхности, но и подсечены скважинами на разных глубинах. Во время прохождения буровым инструментом подобных зон (по словам бурильщиков) скорость проходки заметно возрастает, а вместо керна на поверхность поднимаются дрова и щебень. При этом подавляющее большинство слагающих массив пород обладает высокой механической прочностью.

В изучении рудоносных расслоенных горизонтов, как правило, больше внимания уделяется изучению вещественного состава пород и их петрологии и почти не проводится исследований их физических свойств. В данной работе сделана попытка на основании петрофизических данных проанализировать геологические (геодинамические) условия, в которых формировался нижний расслоенный горизонт Западно-Панского мас-