

P012

Geology Aspects of Barents-Kara Region Based on Deep Seismic Sounding

A.V. Kunitsyn* (Moscow State University) & V.B. Piip (Moscow State University)

SUMMARY

In 1995-1998 seismic investigations were carried out along the regional lines 1-AR and 2-AR in Barents-Kara region. The length of each geotraverse was about 1000 km. Seismic cross sections along these lines were obtained with depth more 50 km. These cross sections were computed using the program GODOGRAF, developed in Moscow State University and based on method of homogeneous functions. As a result of interpretation of these cross sections rift structures in Barents basin, infolded structures in the lower crust and deep commissure between North-Barents Basin and Caledonian orogene of the West Barents region were described. Also the possible tectonic movements in the region were defined.

Строение коры Баренцево-Карского региона по данным глубинного сейсмического зондирования.

Geology aspects of Barents-Kara region based on deep seismic sounding

Куницын А.В., Пийп В.Б.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Аннотация. В 1995-98 гг. были проведены уникальные по своей детальности сейсмические исследования по геотраверсам 1-АР, 2-АР в Баренцевом и Карском морях каждый длиной около 1000 км. По этим профилям выполнены наблюдения ОГТ (отраженные волны) и исследования ГСЗ (преломленные волны). В результате интерпретации данных ГСЗ получены разрезы по профилям с помощью компьютерного пакета программ «Годограф», разработанного на кафедре сейсмометрии и геоакустики МГУ и базирующегося на методе однородных функций [Piip, 2001].

Разрезы достигают глубины более 50 км. Прослежены главные коровые границы, складчато-надвиговые структуры нижней коры, а также шовная зона между Северо-Баренцевской впадиной и каледонским орогеном. Охарактеризован возможный характер тектонических движений Баренцевской плиты. Специфической особенностью Баренцевской плиты является наличие глубоких рифтогенных трогов.

Summary. In 1995-1998 seismic investigations were carried out along the regional lines 1-AR and 2-AR in Barents-Kara region. The length of each geotraverse was about 1000 km. Seismic cross sections along these lines were obtained with depth more 50 km. These cross sections were computed using the program GODOGRAF, developed in Moscow State University and based on method of homogeneous functions. As a result of interpretation of these cross sections rift structures in Barents basin, infolded structures in the lower crust and deep commissure between North-Barents Basin and Caledonian orogene of the West Barents region were described. Also the possible tectonic movements in the region were defined.

Введение. Строение юго-восточной части Баренцевской плиты остается до сих пор недостаточно ясным, хотя известно, что фундамент западной части Баренцева моря относится к каледонскому орогену, который сформировался в течение силура. В данном регионе проведены многочисленные глубинные сейсмические исследования. В 1995-98 гг. в рамках «Федеральной программы создания сети опорных геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин» ФГУ НПП «Севморгео» совместно с СМНГ, МАГЭ, ВНИИОкеангеологией, Невскгеологией, ИФЗ РАН, Техморгео были проведены уникальные по своей детальности сейсмические исследования по геотраверсам 1-АР и 2-АР, каждый длиной около 1000 км. Рассматриваемые профили пересекают Баренцевскую и Карскую провинции (рис.1).

Сейсмические исследования ГСЗ часто оказываются эффективнее в исследованиях глубинных структур коры, чем данные метода ОГТ [Верба, 2005]. В 1998 г. исследователи Норвежского университета Бергена в результате независимых сейсмических исследований ГСЗ по четырем коротким профилям на северо-западе Баренцева моря установили, что Баренция ограничена протокаледонской субдукционной зоной, погружающейся на юго-восток [Asbjørn, 2002]. В рамках этой модели в рассматриваемом регионе выделяют две ветви каледонского орогенеза: в западной части Шпицбергена и структуру в центральной части Баренцева моря между Лаврентией и Балтикой, имеющую северо-восточное простирание (рис. 1).

Профиль 1-АР начинается на северном склоне Балтийского щита, пересекает структуры Кольско-Колгуевской моноклинали, своды Федынского и Ферсмана и заканчивается в пределах Северо-Баренцевской впадины [Объяснительная..., 1996]. Профиль 2-АР проходит через Северо-Баренцевскую впадину, Новую Землю и Южно-Карскую впадину. Протяженность профиля 1-АР составляет 1330 км, 2-АР – 930 км.. Разрезы, полученные по обоим профилям имеют максимальную глубину более 50 км (рис. 2).

Геологическая интерпретация разрезов. Разрез по профилю 1-АР (рис. 2) отчетливо разделяется на две различные по своему строению части - область сложно построенных структур южной части Баренцевской плиты и более спокойную Северо-Баренцевскую впадину.

Кора Баренцевской плиты, где расположена серия известных поднятий (Ферсмана, Федынского) и несколько грабен, трехслойная. Нижняя кора (скорость 6.8 – 8 км/с) имеет сложное складчато-надвиговое строение. Выделяются три характерных крупных складчато-надвиговых структуры, положение двух из них совпадает с поднятиями Ферсмана и Федынского. Такие деформации возникают в обстановке сжатия. При движении плиты возникает зона плавления, затем образуется складка, осложненная надвигом. В центре складки оказываются частично расплавленные или разуплотненные породы, характеризующиеся относительно пониженными сейсмическими скоростями. Самой крупной из указанных структур является складка, приуроченная к поднятию Ферсмана.

Строение средней ($v=6.4 - 6.8$ км/с) и верхней ($v=5.6 - 6.4$ км/с) коры в районе Баренцевской плиты также свидетельствуют об обстановке сжатия. Эти слои приподняты над складчатыми структурами и осложнены многочисленными разломами.

Осадочный слой Северо-Баренцевской впадины мощностью до 20 км и характеризуется периодическим строением. В его пределах выделяется серия (в количестве 5) рифтогенных прогибов глубиной до 5 км и шириной до 25 км. Такие прогибы выделены также и на разрезе ОГТ по профилю 2-АР [Верба, 2005]. Вблизи подошвы осадочного слоя скорость достигает значений 6.2 км/с. Это хрупкий слой, он разбит разломами, падающими к югу, и образует блоки протяженностью 50-70 км. Верхняя кора вблизи кровли обладает пониженной скоростью около 5.5 км/с, и можно предположить, что этот слой является пластичным или вязким. Вследствие этого, структура «осадочный слой/верхняя кора», видимо, рассматривается как серия несимметричных рифтов по Вернике [Хаин, 2005], что также может свидетельствовать о движении верхнего слоя коры к югу. Нижняя кора ($v=6.8-7.6$ км/с) разбита разломами (это хрупкий слой) и образует надвиги, направленные к югу.

В районе пикетов 850-900 км выделяется структура, которую можно рассматривать как шовную зону между каледонским орогеном и Северо-Баренцевской впадиной [Asbjørn, 2002]. На глубинах 40 км в области сутуры нижняя кора впадины пододвинута под нижнюю кору орогена. Шов имеет дугообразную форму, и обращен выпуклостью в сторону Северо-Баренцевской впадины. В районе сутуры со стороны впадины наблюдается обширная область с пониженной скоростью - до 6 км/с на глубине 30 км. Структура шва не прослеживается в осадочном слое. Эту сутуру, таким образом, можно интерпретировать, как и в работе [Asbjørn, 2002], как протокаледонскую зону субдукции, углубляющуюся к югу или к юго-востоку.

Северо-Баренцевской впадина, пересекаемая профилем 2-АР в широтном направлении, имеет схожее строение, что и на профиле 1-АР. Установлено наличие аналогичных рифтогенных прогибов, ограничивающих структуры впадины. Консолидированная кора утоненная (до 19 км) и разделена на

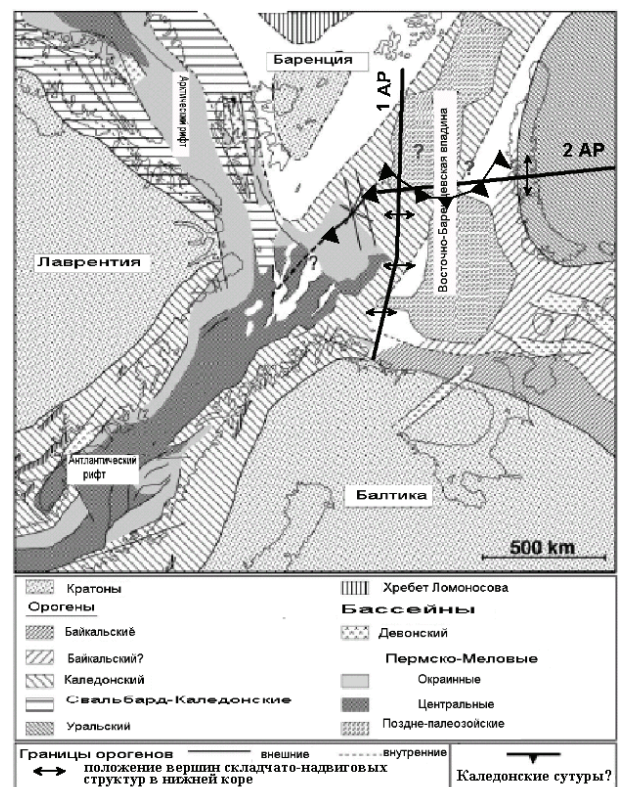


Рис.1. Тектоническая схема с профилями 1-АР, 2-АР и предполагаемым положением тектонического шва

блоки. Слои, образующие нижнюю кору разбиты на фрагменты, подстилаемые зонами пониженных скоростей, и формируют поднятие. Поднятие слоев до 33 км к востоку по профилю сопровождается утонением консолидированной коры. Нижняя кора и верхняя мантия Северо-Баренцевской впадины располагаются глубже, чем под Малыгинским грабеном. Скорость в верхах мантии составляет 7.8 км/с. Между глубинными структурами грабена и впадины предположительно проходит шов (ПК 110-140 км), прослеженный ранее на разрезе 1-АР у юго-восточного борта Северо-Баренцевской впадины.

К востоку от Адмиралтейского мегавала обнаруживается также предположительно шовная зона, отделяющая структуры Баренцевской плиты от Новой Земли. Шовные структуры одинаково обозначаются на обоих разрезах 1-АР и 2-АР. Нижняя кора под мегавалом разбита на блоки и погружается под кору Новой Земли. Шовная зона резко выделяется и по строению мантии. Так, между Адмиралтейским поднятием и Новой Землей отсутствует граница Мохо, что свойственно зонам субдукции [Хаин, 2005]. Под Адмиралтейским мегавалом на пикетах 340 – 460 км верхняя мантия испытывает поднятие и характеризуется пониженными скоростями. В ее пределах выделяется куполообразная структура, возможно возникающая в результате деформации на границе Баренцевской и Новоземельской плит. Это позволяет предположить существование палеосубдукции в зоне между Баренцевской и Новоземельской плитами. На рис.1 показано возможное расположение шовной зоны на востоке Баренцевского региона.

Нижняя кора Новой Земли деформирована и образует складку с углами наклона крыльев около 10° , протяженностью в основании 100 км и амплитудой поднятия около 18 км. В замке складки существует разлом. Так же, как и в ранее выделенных структурах, область пониженных скоростей (зона плавления?) расположена во внутренней части складки. Верхняя кора (скорость 6- 7 км/с) повторяет форму складки в нижней коре. Два симметричных прогиба - Седова и Пахтусовский - окаймляют Новоземельскую гряду с запада и востока. Верхняя мантия под Новой Землей располагается глубже, чем под Адмиралтейским мегавалом.

К востоку от Новой земли расположена Южно-Карская впадина. Кора впадины имеет двухслойное строение. Глубина Мохо уменьшается до 43 км. Максимальная мощность осадочного слоя составляет 12 км, слой характеризуется повышенным градиентом и скоростями от 3 до 5.6 км/с. Верхняя и нижняя кора обладают примерно одинаковой мощностью около 15 км, но различным внутренним строением. В районе сочленения Новой Земли с Южно-Карской впадиной нижняя кора впадины образует многочисленные надвиги в сторону Новой Земли. Такой характер сочленения плит свойственен пассивным окраинам континентов. Следует заметить, что с запада наблюдается обратная ситуация: структуры Северо-Баренцевской впадины погружаются под Новую Землю.

Выводы

1. Шовная зона на границе между Северо-Баренцевской впадиной и структурами Свальбардской плиты, изображение которой получено на разрезе по профилям 1-АР и 2-АР, может быть интерпретирована как зона палеосубдукции, углубляющаяся к югу, юго-западу и юго-востоку.
2. Под известными поднятиями (Ферсмана, Федынского, на Новой Земле) в нижней коре существуют крупные складчато-надвиговые структуры, строение которых может свидетельствовать о сжатии континентальной. В центральных частях складок выделены области пониженной скорости – возможные зоны плавления или разуплотнения пород.
3. Осадочный слой Северо-Баренцевской впадины образует рифтовые структуры, деформирован и вместе с пластичной верхней корой может рассматриваться как серия асимметричных рифтов по Вернике, кора Баренцевской плиты, возможно, испытывает смещение на юг в направлении континента и Новой Земли на восток.

В заключение хотелось бы поблагодарить ФГУ НПП «Севморгео» за предоставленные материалы.

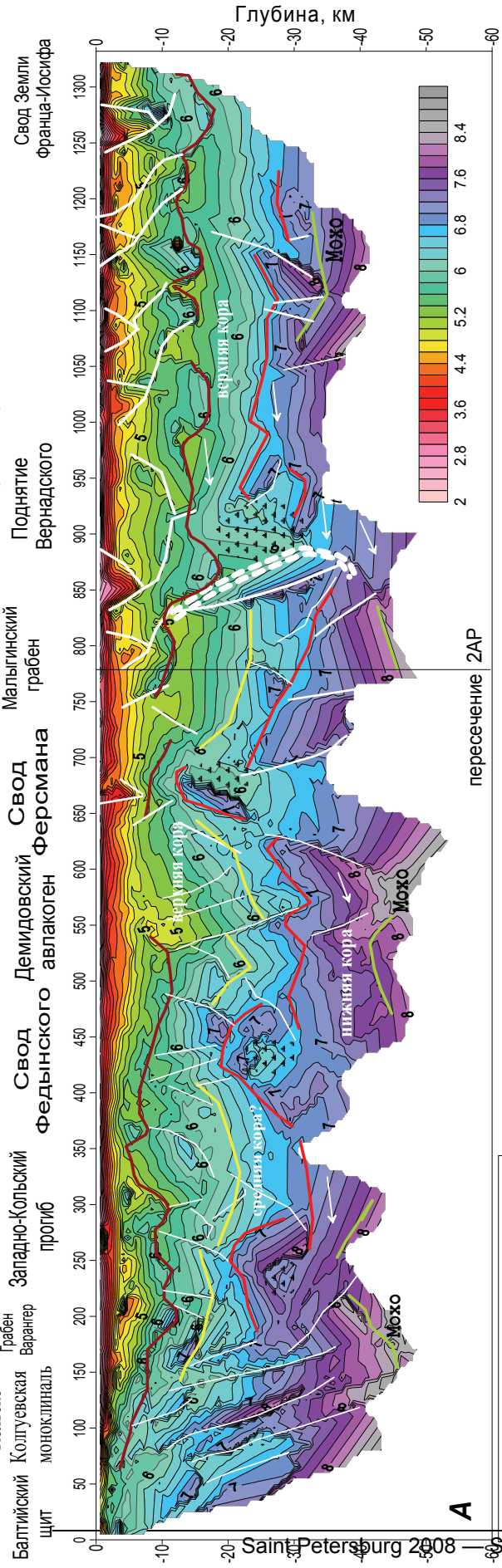
Литература

1. Верба М.Л., Матвеев Ю.И., Рослов Ю.В., Сакулина Т.С. Литосфера Карско-Баренцевоморской шельфовой плиты и Арктического побережья европейского севера (по результатам исследований на опорном профиле 2-АР) // Строение литосферы российской части Баренц-региона / Ред. Н.В.Шаров, Ф.П.Митрофанов, М.Л.Верба, К.Гиллен. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005, С 182-213.
2. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000. Отв. ред. Н.А.Богданов, В.Е.Хаин / Институт литосферы РАН. 1996. С.94.
3. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учеб.для вузов. Изд.2. М.: Книжный дом «Университет». 2005. С.560.
4. Asbjørn Johan Breivik et al. A possible Caledonide arm through the Barents Sea imaged by OBS data. *Tectonophysics* 355 (2002), pp.67-97.
5. Piip V.B. 2D inversion of refraction travelttime curves using homogeneous functions. *Geophysical prospecting*. 2001, 49, p. 461-482.

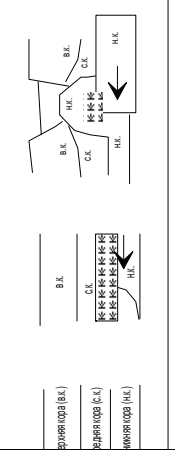
Баренцевская плита

Северо-Баренцевская впадина С-СВ

Ю-ЮЗ



A

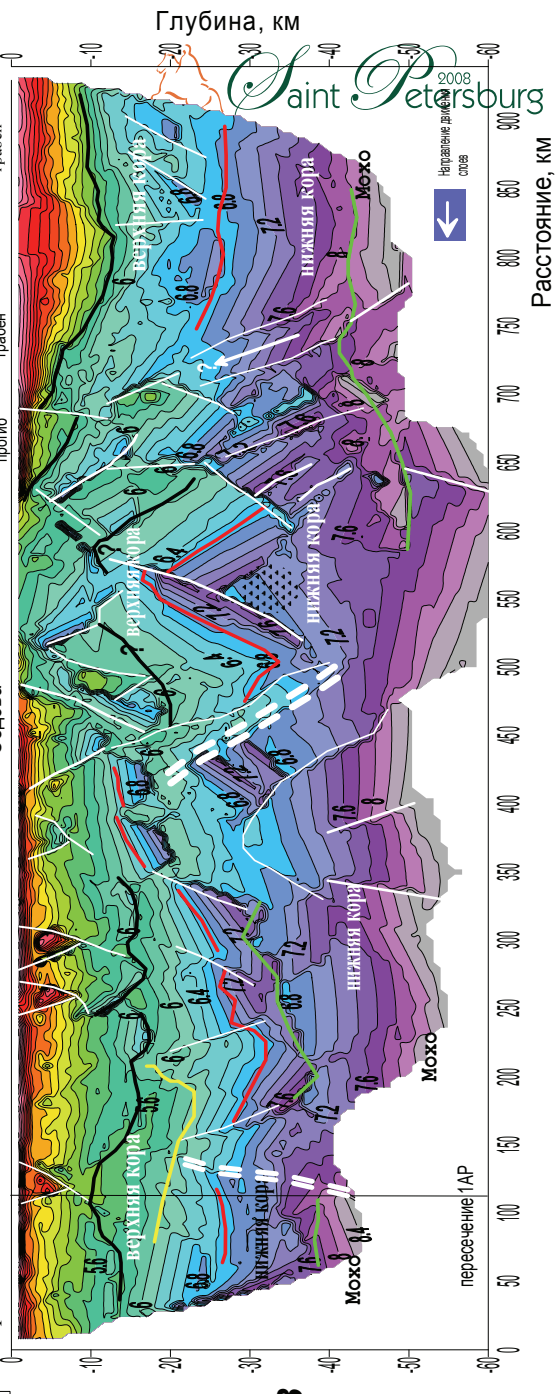


C

В-ЮВ

3-СЗ

Южно-Карская впадина Чешинский прогиб



B

пересечение 2АР

пересечение 1АР