

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОРОВЫХ ОТРАЖЕНИЙ В ЗОНЕ ПЕРЕХОДА ОТ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА К БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ПЛИТЕ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В. Н. Глазнев

Воронежский государственный университет

Н. О. Сорохтин

Институт океанологии Российской академии наук (г. Москва)

А. Б. Раевский

Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (г. Апатиты)

Н. Е. Козлов

Мурманский государственный технический университет (г. Апатиты)

Поступила в редакцию 31 января 2014 г.

Аннотация: в статье рассматриваются результаты изучения разреза глубокой скважины на полуострове Средний, вскрывшего отложения пород рифея южного обрамления Баренцевоморской платформы на всю их мощность и архейских кристаллических пород верхней коры Балтийского щита. Изучение разреза скважины геофизическими методами и петрофизические исследования образцов пород позволили идентифицировать отражающие границы, полученные методом ОГТ на сейсмическом профиле, и конкретные геологические объекты в верхней части земной коры региона.

Ключевые слова: петрофизика, кристаллическая кора, отражающие границы.

Abstract: the article discusses the results of investigation of the deep well on the Sredniy peninsula, which cross the Riphean sedimentary rocks on the southern border of the Barents Sea platform and the Archean crystalline rocks of the upper crust of the Baltic shield. Exploration of the holecross-section with geophysical methods and petrophysical study of the samples allowed to make identification of reflecting boundaries received by CDP on a seismic profile and specific geological sites in the upper part of the crust in the region.

Key words: petrophysics, crystalline crust, reflection boundaries.

Одной из основных задач, возникающих при интерпретации результатов сейсмических исследований методом отраженных волн (МОВ), является установление возможной природы сейсмических границ в изучаемом разрезе земной коры. Задачи такого рода актуальны при поисках и разведке месторождений углеводородов [1; 2; и др.] и изучении строения коры [3–5; и др.], где проблемы идентификации отражающих элементов в изучаемом разрезе связаны с геологической трактовкой результатов сейсмических исследований. Необходимым условием корректного отождествления зарегистрированных сейсмических отражений и геологических особенностей изучаемого разреза является наличие образцов пород геологического разреза в районе работ, для

которых можно определить достоверные петрофизические характеристики. С этих позиций проблема идентификации сейсмических коровых отражений рассматривается в работе на основе результатов петрофизических исследований пород глубокой скважины П-1, пробуренной на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий. Эта скважина была задана по сейсмическим данным ОГТ с целью изучения перспектив рифейского терригенного комплекса на наличие углеводородов.

Геолого-геофизическая характеристика района. Район исследований расположен на северной окраине Балтийского щита в зоне перехода к Баренцевоморской платформе (рис. 1). Осадочные комплексы п-овов Средний и Рыбачий входят в состав позднепротерозойского Тимано-Варангерского пояса [6]. В пределах исследуемого региона выделяются две

структурно-формационные зоны: кильдинская (п-ова Средний и Мотка) и рыбачинская (п-ов Рыбачий). Отложения кильдинской зоны залегают на архейском кристаллическом фундаменте северной окраины Балтийского щита, представленном породами Мурманского блока, сложенного гранитогнейсами, тоналитами, гранодиоритами [7]. Осадочные породы п-ова Средний представлены полимиктовыми и кварцевыми псефитами, гравелитами, разнородными псаммитами, алевролитами и пелитами. Породы п-ова Рыбачий представляют однородный ряд терригенных осадков от псефитов до пелитов, с тенденцией уменьшения доли грубообломочных пород снизу вверх по разрезу. Отложения п-ова Средний падают на северо-восток под углами 7–15°, а п-ова Рыбачий – под углами 15–35°. Возраст осадочных пород рыбачин-

ской зоны в настоящее время считается средне-позднерифейским [8].

Следует отметить наличие субвулканических тел основного состава, присутствующих в осадочном комплексе п-овов Средний и Рыбачий (рис. 1). Наиболее распространены дайки долеритов северо-восточного простирания, которые обычно прослеживаются на 100–150 м при мощности не более 3–5 м. Возраст проявления магматизма и деформаций рифейских пород п-овов Средний и Рыбачий связывают с байкальским и более молодыми этапами орогенеза [9]. Дайковые комплексы основного состава широко представлены и в кристаллическом фундаменте Мурманского блока [10], причем на северном побережье Кольского п-ова известны дайки каледонского возраста с мощностью до десяти метров.

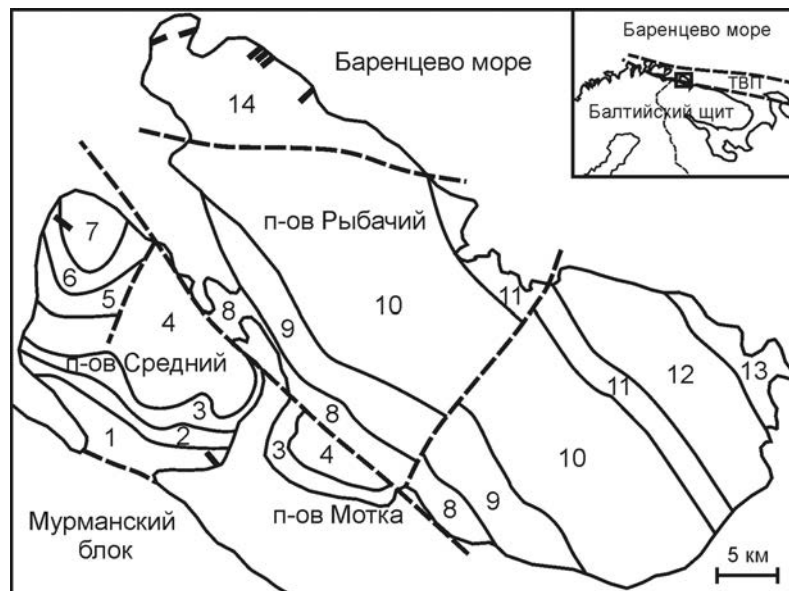


Рис. 1. Обзорная схема района работ: - - - - - разрывные нарушения; ————— дайки долеритов. Свиты кильдинской серии: 1 – пряярвинская; 2 – палвинская; 3 – поропелонская; 4 – землепахтинская; 5 – каруярвинская. Свиты волоковой серии: 6 – куяканская; 7 – пуманская. Свиты эйновской серии: 8 – мотовская; 9 – лонская; 10 – перевальная. Свиты баргоутной серии: 11 – майская; 12 – зубовская; 13 – цыпнаволокская; 14 – скарбеевская

В плане выявления тектонических взаимоотношений между различными блоками чехла и кристаллического фундамента были проанализированы материалы разномасштабных гравиметрических и магнитных съемок. По гравиметрическим данным выявлена положительная региональная гравитационная аномалия, вытянутая вдоль п-ова Рыбачий (рис. 2-а), южная часть которой характеризуется большим градиентом поля. Судя по характеру горизонтальных градиентов поля региональной аномалии, ее источник должен находиться на значительных глубинах, предположительно в интервале 10–15 км, что соответствует уровням верхней-средней коры [11]. Локальными структурными элементами региона являются тектонические контакты между комплексами

пород с преобладающей северо-западной и северо-восточной ориентировкой (рис. 2-а). Первая система разломов, имеющая северо-восточную ориентировку, является продолжением системы разломов, проявленных в архейских породах Мурманского блока, а вторая, северо-западного простирания, отделяет комплексы рифейских пород п-овов Средний и Рыбачий. В пределах п-ова Рыбачий по гравитационному полю выделена группа разломов, оперяющих региональный максимум. Характер градиента поля в региональной аномальной зоне свидетельствует о незначительном возрастании мощности осадочного чехла (до 2–3 км) при переходе через систему разломов, отделяющую п-ова Средний и Рыбачий.

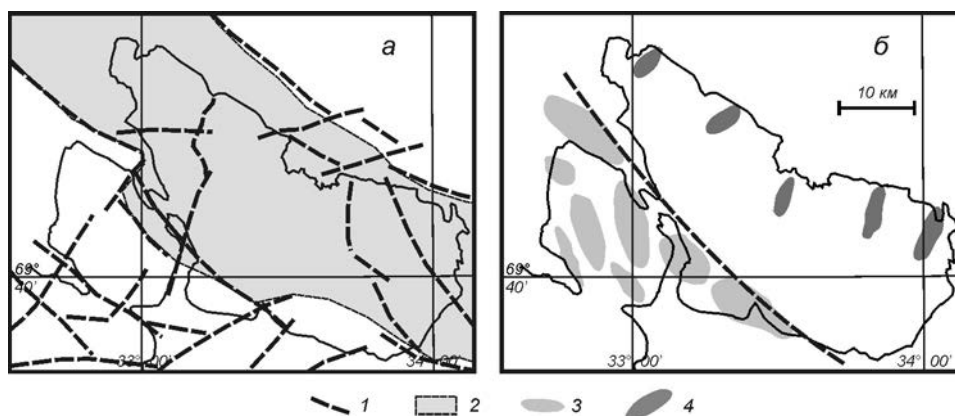


Рис. 2. Схемы районирования гравитационного (а) и магнитного (б) полей: 1 – предполагаемые тектонические нарушения; 2 – региональная зона повышенного гравитационного поля; 3 – локальные аномалии магнитного поля; 4 – слабые локальные аномалии магнитного поля.

По данным аэромагнитных съемок отчетливо выделяется аномалия первого порядка, длинная ось которой отождествлена с тектоническим нарушением, а также ряд аномалий второго порядка (рис. 2-б). Ось магнитной аномалии первого порядка вытянута вдоль контакта кильдинской и рыбачинской серий и простирается на расстояние не менее 40 км. Исходя из морфологических особенностей магнитного поля, можно сделать вывод о пологом северо-восточном падении северного контакта намагниченного тела, вызвавшего указанную региональную аномалию. К югу от аномалии первого порядка располагается область, осложненная меньшими по размеру интенсивными аномалиями второго порядка (рис. 2-б). По характеру этих аномалий оценка глубины верхних кромок источников поля лежит в интервале 1–2 км. Основываясь на петрофизических данных о величине магнитной восприимчивости рифейских пород [12], можно предполагать, что источником локальных магнитных аномалий на территории п-ова Средний являются породы архейского фундамента и более молодые интрузивные образования основного состава, представленные в разрезе рифейского комплекса (рис. 1). В области развития пород рыбачинской серии присутствуют локальные малоинтенсивные аномалии северного и северо-восточного простирания (рис. 2-б). Оценка глубин залегания источников этих аномалий дает величину 0,7–1,5 км, т.е. источники аномалий располагаются непосредственно в осадочном чехле.

Результаты сейсмических работ ОГТ. Первые сейсмические работы, нацеленные на выявление перспектив нефтегазоносности региона [13], были проведены на п-овах Средний и Рыбачий по региональному профилю I-I, пересекающему северную часть Мурманского блока, кильдинскую и рыбачинскую зоны. По результатам работ МОВ-ОГТ были прослежены отражающие горизонты L_0 , L_1 , L_2 , R_1 , от-

несенные авторами «Строения литосферы российской части Баренц-региона» [3] к рифейскому терригенному комплексу суммарной мощностью около 8–12 км. В дальнейшем детальное сейсмическое изучение выявленных структурных неоднородностей было проведено по системе профилей ОГТ-2D в пределах кильдинской и рыбачинской зон. В результате детальных исследований была обнаружена антиклинальная структура, получившая название «Пограничная». Эта структура, с размерами в плане 3,0 на 1,5 км, имеет северо-восточное простирание и перепад глубин на крыльях около 150 м. Временной разрез по фрагменту одного из профилей ОГТ-2D (рис. 3) показывает положение структуры Пограничная в интервале 2,5–4,5 км по профилю.

На временном сейсмическом разрезе отчетливо выделяются три отражающих границы: L_0 – на временах 240–550 мс; L_1 – на временах 500–1050 мс; L_2 – на временах 1700–2500 мс. Граница L_0 фиксируется регулярной устойчивой корреляцией волновых фаз и имеет вид наклонной плоскости с погружением на север без значительных колебаний рельефа границы (рис. 3). Волновое поле в слое выше границы L_0 имеет регулярный характер, что позволяет уверенно отнести данный слой к рифейскому осадочному комплексу. Граница L_1 фиксируется фрагментарными цугами волновых пакетов и имеет более сложный рельеф с преобладающей тенденцией погружения в северном направлении. С увеличением глубины залегания границы L_1 увеличивается длительность волновых пакетов на границе – от 30 до 100 мс, что свидетельствует об относительно «тонкослоистом» характере разреза, изменяющим свою мощность и по латерали. Общий характер волнового поля в слое под границей L_1 меняется незначительно и в целом носит незакономерный характер. Граница L_2 , погружающаяся на север, фиксируется интенсивными цугами волновых пакетов длительностью до 150 мс (рис. 3).

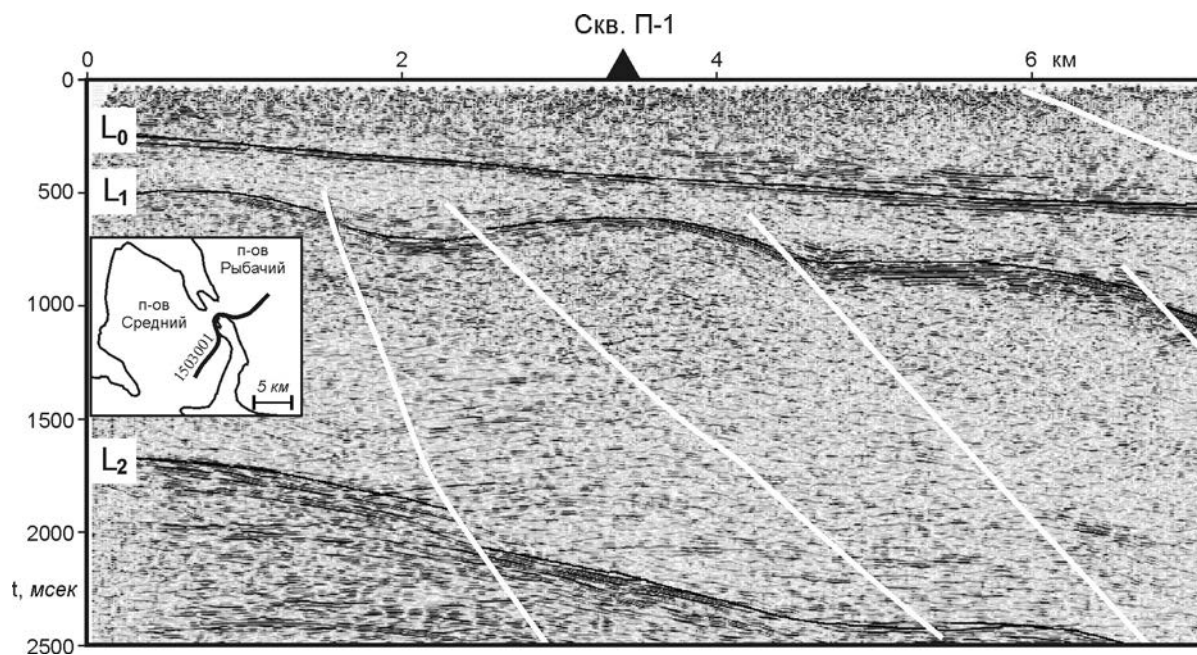


Рис. 3. Юго-западный фрагмент временного разреза по профилю 1503001 (Ольшанский А. С. и др., 2004): отражающие границы – черным; тектонические нарушения – белым.

В слое под границей L_2 резко изменяется картина волнового поля, что выражается в появлении интенсивных коррелированных волновых пакетов разной длительности. Отметим, что некоторые авторы [3; 13] границу L_2 предположительно отождествляют с поверхностью отложений среднего рифея.

Особо следует сказать о скоростной характеристике сейсмогеологических комплексов района работ, для которых были приняты фиксированные значения интервальных скоростей продольных волн [3; 13]. Устойчивые спектры сейсмических скоростей были получены по результатам обработки программой Geo Depth только для горизонта L_0 , в котором интервальная скорость продольных волн составила примерно 5100 м/с. Для остальных сейсмических горизонтов, расположенных ниже границы L_0 , интервальные скорости продольных волн были априори приняты равными 6300 м/с. **Заметим, что такие значения интервальных скоростей существенно больше реальных значений продольных скоростей в рифейских породах Баренцевоморского обрамления [12].**

Петрофизические исследования. По результатам работ ОГТ-2D было рекомендовано заложение параметрической скважины П-1 на структуре Пограничная глубиной до 5200 м. В процессе бурения прово-

дился комплекс ГИС по стволу скважины и выполнялся отбор образцов керна характерных пород разреза. На глубине около 1100 м скважина вошла в кристаллические породы архейского фундамента, положение которых по интерпретационным соображениям [3; 13] первоначально предполагалось на 8000–10 000 м. Столь значительное расхождение с данными сейсмической интерпретации потребовало детального изучения петрофизических свойств пород, которые были выполнены с соблюдением всех технических требований: влагонасыщенность, приложение одноосной нагрузки и т.д.

Петрофизическая характеристика вендско-рифейского терригенного комплекса, приведенная в табл. 1, показывает заметную дифференциацию осадочной толщи кильдинской серии. Породы землепахтинской свиты выделяются низкими значениями сейсмических скоростей и слабой магнитной восприимчивостью. Пониженные значения скоростей V_p и V_s в породах пярярвинской свиты, по сравнению с перекрывающими породами палвинской свиты, объясняются преобладанием псаммитовой компоненты. Относительно повышенная плотность и магнитная восприимчивость этих же пород связана с присутствием гидроокислов железа и наличием сульфидов.

Таблица 1

Свита	Интервал, м	N*	σ , г/см ³	V_p , км/с	V_s , км/с	χ , 10 ⁻³ СИ
Землепахтинская	135,1–141,5	3	2,55	3,68	2,33	0,15
Палвинская	609,0–782,5	9	2,68	5,07	3,12	0,39
Пярярвинская	931,0–1091,5	9	2,70	4,72	2,93	0,36

*N – количество образцов.

Петрофизические особенности гранито-гнейсового комплекса верхней части архейского разреза скважины П-1 (табл. 2), позволяют выделить две толщи: верхнюю, представленную гранитами и плагиогранитами, и нижнюю, сложенную гнейсами различного состава с редкими прослоями амфиболитов. Эти толщи в разрезе скважины разделяются телом кварцевых долеритов небольшой мощности. Граниты-плагиограниты характеризуются однородными

скоростными параметрами, но в них выделяются пропластки более плотных и более магнитных тоналитогнейсов. Долериты обладают аномальными петрофизическими параметрами по сравнению с вмещающими толщами архея. Для пород гнейсового состава характерна пониженная скорость и магнитная восприимчивость при повышенной остаточной намагниченности. В этой толще выделяются редкие тела амфиболитов, имеющие высокие значения плотности.

Таблица 2

Порода	Интервал, м	N	σ , г/см ³	V_p , км/с	V_s , км/с	χ , 10 ⁻³ СИ	I_n , А/м
Граниты	1100–1720	10	2,690	5,470	3,230	9,800	0,220
Долериты	1728–1751	7	2,940	6,060	3,050	11,80	1,900
Плагиогнейсы	1780–2600	15	2,680	5,030	3,170	3,000	0,400
Амфиболиты	–	3	2,830	5,600	3,330	1,600	0,015

Глубинные горизонты скважины П-1 охарактеризованы менее детально. Породы архейского разреза, в интервале глубин 2608–4900 м, представлены переслаиванием амфибол-биотитовых и биотит-амфиболовых гнейсов с характерными проявлениями метаморфизма. Физические свойства этой толщи в обобщенном виде приведены в табл. 3. Биотит-амфиболовые гнейсы имеют повышенные значения плотности, что определяется относительной толщиной прослоев

амфибола в породе. Эта же причина влияет и на изменение скоростей упругих волн в гнейсах. Магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность толщи гнейсов обусловлена неравномерным распределением в породах оксидов железа и присутствием сульфидов. Плотные амфиболиты, представленные на глубине около 4376 м, имеют повышенное содержание рудного вещества, что обуславливает высокую намагниченность пород.

Таблица 3

Интервал, м	N	σ , г/см ³	V_p , км/с	V_s , км/с	χ , 10 ⁻³ СИ	I_n , А/м
2608,0–2609,3	5	2,77	6,15	3,39	6,70	0,28
2915,5–2916,7	4	2,87	4,34	2,74	0,50	0,05
2916,9–2917,2	4	2,78	4,86	2,39	1,70	0,96
2917,9–2920,8	12	2,73	4,30	2,57	2,60	0,86
2921,0–2921,9	5	2,87	4,40	2,45	1,90	0,32
3193,1–3196,5	12	2,74	4,08	2,40	6,90	1,73
4376,2–4376,6	2	3,16	4,48	2,73	31,00	7,30
5001,0	1	2,69	6,31	3,11	70,00	4,19
5011,0	1	2,69	5,75	2,96	23,70	0,96
5191,0–5192,0	2	2,68	5,86	3,24	0,35	0,28

На самых глубоких уровнях, в интервале 4900–5200 м, в разрезе начинают преобладать основные разновидности пород – тоналиты, гранодиориты, амфиболиты. Данные ГИС по нижней части разреза скважины П-1 показывают, что в интервале 5090–5188 м существует серия тектонических зон, выраженных в аномальном поведении графиков ПС, ГК, НГК, АК и ИК. В некоторых из таких зон установлен приток минерализованных растворов, что свидетельствует о значительной проницаемости пород. Керновый материал с этих глубин характеризуется интенсивным «дискованием», поэтому петрофизические исследования проводились на образцах малых размеров, вырезанных из ненарушенной части керна. Было изучено 4 образца пород из призабойной части

разреза, которые показали аномальные свойства по скорости при относительно пониженных значениях плотности, что вероятно обусловлено дилатансией образцов при их извлечении на поверхность.

Результаты исследований. По характеру распределения петрофизических параметров и данным каротажа, в разрезе скважины П-1 уверенно выделяется комплекс терригенных вендско-рифейских пород, которые имеют пониженные значения скорости, плотности и магнитных свойств, характерные для аналогичных пород Баренцевоморского обрамления [12]. Верхняя часть разреза (землепахтинская свита) отличается весьма низкими значениями сейсмических скоростей. Вычисленная величина пластовой скорости продольных волн для всего терригенного ком-

плекса составляет примерно 4600 м/с, что несколько меньше интервальной скорости, принятой при построении глубинного разреза по границе L_0 – 5100 м/с.

Гранитогнейсовый комплекс верхней части разреза скважины П-1 в интервале глубин 1110–4900 м наиболее сопоставим с породами архейского комплекса скважины СГ-3 [14] по значениям плотности, магнитной восприимчивости и упругим параметрам архейских гнейсов и амфиболитов. Силл молодых долеритов, выявленный на глубине 1728–1751 м, резко выделяется по увеличению всех петрофизических параметров, и поскольку вмещающие породы имеют невысокие значения магнитных свойств, то тело долеритов можно считать единственным источником магнитной аномалии, выявленной в районе скважины П-1.

Оценка пластовой скорости продольных волн в гранитогнейсовом комплексе дает величину около 4700 м/с, что с учетом поправки [11] на литостатическое давление в среде позволяет увеличить это значение до 5200 м/с. Такая величина пластовой скорости существенно меньше значения 6300 м/с, принятого при расчете глубинного разреза по границе L_1 . На самом глубоком уровне разреза скважины П-1 (ниже 4900 м) выявлены тектонизированные комплексы гранодиоритов и тоналитов, характеризующихся повышенной скоростью сейсмических волн. С учетом

поправок на литостатическое давление [11], значение средней плотности для этого слоя составит 2,78 г/см³, а пластовая скорость может быть оценена величиной 6280 м/с. Последнее значение близко к величине интервальной скорости, использованной при расчете глубинного разреза по границе L_2 .

Для сопоставления петрофизической модели среды с результатами сейсмических работ ОГТ были рассчитаны величины акустического импеданса и коэффициенты отражения [1] обобщенного разреза скважины П-1. Эти параметры, формирующие облик сейсмического волнового поля, представлены на рис. 4. По величине акустического импеданса γ рифейский терригенный комплекс отличается от гранитогнейсовых пород кристаллического фундамента, что указывает на более интенсивное затухание упругих волн в слое осадков. Контраст акустического импеданса определяет отражательную способность границы, которая характеризуется коэффициентом отражения A . По величине значений A отражающая сейсмическая граница кровли кристаллического фундамента выражена относительно слабо. С учетом оценок пластовых скоростей для терригенного комплекса кровля фундамента уверенно коррелируется с границей L_0 . Оценка времени вступления для этой границы составляет 390 мс, а фактически (по проекции ствола скважины) – 410 мс (рис. 3).

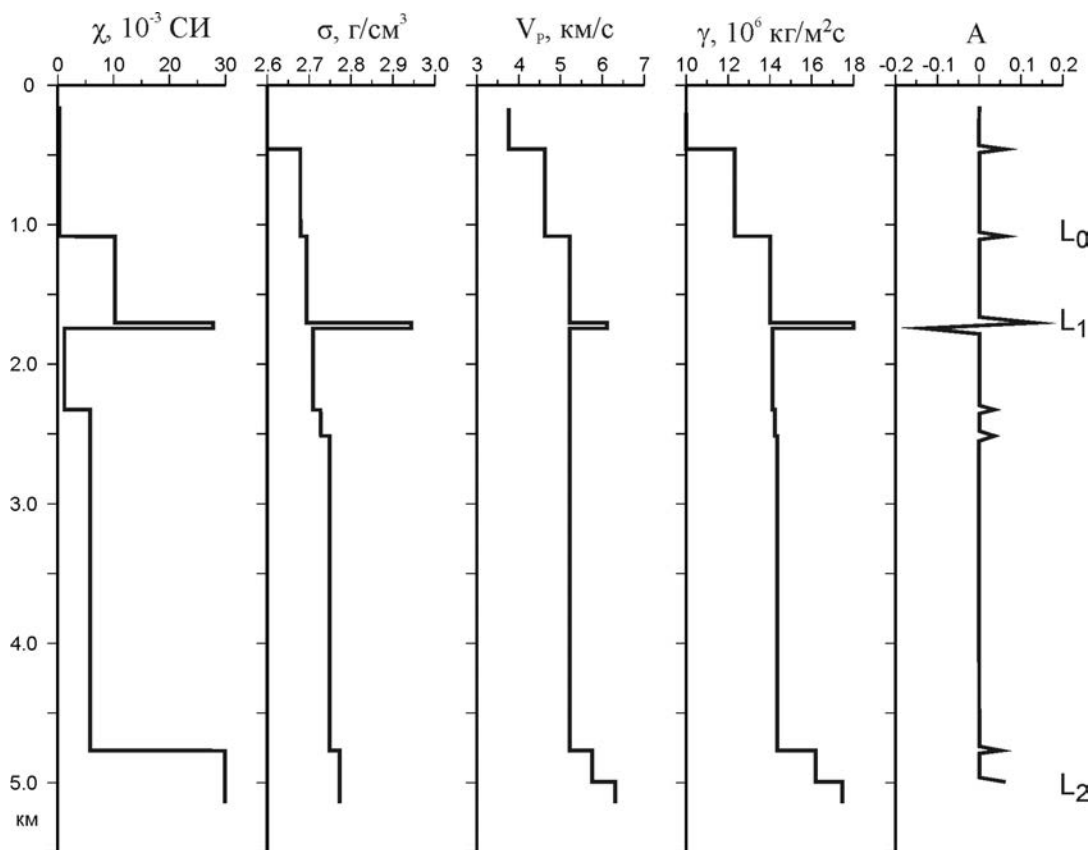


Рис. 4. Обобщенная петрофизическая модель разреза скважины П-1

Архейский комплекс разреза, включающий биотитовые плагиогнейсы и толщи амфибол-биотитовых гнейсов, не выделяется значимыми величинами сейсмических параметров. Сейсмическая среда этой части разреза относительно прозрачная и не формирует заметных отражений. На фоне однородных гранитоидных высокими значениями А резко выделяется силл долеритов, который формирует сейсмическую границу L_1 . Рассчитанная оценка времени вступления волны для этой границы дает 710 мс, а фактически – 680 мс (рис. 3), что лежит в диапазоне точности оценок упругих параметров среды.

Архейский комплекс гранодиоритов – тоналитов, залегающий в самой нижней части разреза, характеризуется ростом всех упругих параметров, формирующих волновое поле. Четкость проявления верхней границы этого комплекса несколько ниже, что обусловлено тектонической расслоенностью данной зоны и, соответственно, градиентным переходом упругих параметров. Оценка времени вступления волны для этой границы составляет примерно 2050 мс, что сопоставимо с фактическим временем для границы L_2 равным 2150 мс (рис. 3). Это обстоятельство позволяет предположить, что скоростная граница L_2 сформирована именно в зоне перехода к более основному и интенсивно тектонизированному разностям пород верхней коры.

Таким образом, анализ геофизических данных по зоне перехода от Балтийского щита к Баренцевоморской плите показывает, что в сейсмическом волновом поле отражений ОГТ обоснованно выделены опорные коровые отражающие горизонты. Геологическая трактовка этих границ, как показали данные бурения, принципиально отличается от первоначальной интерпретации разреза [3; 13], основанной на исходной концепции о значительной роли надвиговой тектоники в районе сочленения п-овов Средний и Рыбачий. Приведенные данные о тектонике региона по результатам изучения гравитационного и магнитного полей не подтверждают столь значительных вертикальных перемещений. В целом мощность рифейского терригенного комплекса на п-ове Средний не превосходит 1,0–1,5 км, а на п-ове Рыбачий составляет не более 4–5 км.

Анализ упругих параметров разреза скважины П-1 показывает, что геологическая трактовка сейсмических границ существенно различается. Кровля кристаллического фундамента L_0 выражена слабо относительно нижележащих коровых границ. Наиболее выраженная коровая сейсмическая граница L_1 формируется силлом долеритов малой мощности. Градиентная коровая граница L_2 сформирована тектонизированной зоной перехода от амфибол-биоти-

товых гнейсов к гранодиорит-тоналитовому слою коры. В такой трактовке границу L_2 можно считать подошвой «гравиактивного» слоя верхней коры, оценка мощности которого дана в геологической карте Кольского региона (1996) [10] и достаточно хорошо совпадает с сейсмическими результатами ОГТ в районе исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ампилов Ю. П. Сейсмическая интерпретация : опыт и проблемы / Ю. П. Ампилов. – М. : Геонформмарк, 2004. – 286 с.
2. Кошляк В. А. Гранитоидные коллекторы нефти и газа / В. А. Кошляк. – Уфа : Тау, 2002. – 256 с.
3. Строение литосферы российской части Баренц-региона / ред.: Н. В. Шаров [и др.]. – Петрозаводск : Изд-во КарНЦ РАН, 2005. – 318 с.
4. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы : интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС : в 2 т. – М. : ГЕОКАРТ, 2010. – Т. 1. – 408 с.
5. Frederick A. How the crust meets the mantle : Lithoprobe perspectives on the Mohorovic discontinuity and crust–mantle transition / A. Frederick [et al.] // Can. J. Earth Sci. – 2000. – V. 47. – P. 315–351.
6. Сорохтин Н. О. Эволюция северо-западной части Тимано-Варангерского нефтегазоносного бассейна / Н. О. Сорохтин [и др.] // Вестник КНЦ РАН. – 2011. – № 3. – С. 3–20.
7. Козлов Н. Е. Геология архея Балтийского щита / Н. Е. Козлов [и др.]. – СПб. : Наука, 2006. – 329 с.
8. Сорохтин Н. О. Геология и потенциальная нефтегазоносность полуострова Рыбачий (Кольский полуостров) / Н. О. Сорохтин [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 5. – С. 14–19.
9. Шипилов Э. В. Палеогеографические обстановки и тектонические деформации Баренцевоморской континентальной окраины в кайнозой / Э. В. Шипилов [и др.] // ДАН. – 2006. – Т. 407, № 3. – С. 378–383.
10. Геологическая карта Кольского региона. Масштаб 1:500 000 / ред. Ф. П. Митрофанов [и др.]. – Апатиты : ГИ КНЦ РАН, 1996.
11. Глазнев В. Н. Комплексные геофизические модели литосферы Фенноскандии / В. Н. Глазнев. – Апатиты : КаЭМ, 2003. – 252 с.
12. Тюрмнов В. А. Геолого-петрофизическая характеристика пород фанерозоя островного и континентального обрамления Баренцевской шельфовой плиты / В. А. Тюрмнов [и др.] // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов : материалы конф. – Архангельск : Изд-во ИЭПС УрО РАН, 2004. – С. 304–307.
13. Симонов А. П. Полуостров Рыбачий (Баренцево море) : новые данные о тектонике и перспективах нефтегазоносности рифейских отложений прибрежной зоны Кольского полуострова / А. П. Симонов [и др.] // Доклады РАН. – 2002. – Т. 284, № 6. – С. 795–801.
14. Кольская сверхглубокая : научные результаты и опыт исследований / ред. В. П. Орлов, Н. П. Лаверов. – М. : Технонефтегаз, 1998. – 260 с.

*Воронежский государственный университет
Глазнев В. Н., доктор физико-математических
наук, заведующий кафедрой геофизики
E-mail: glaznev@geol.vsu.ru*

*Voronezh State University
Glaznev V. N., Doctor of Physical and Mathematical
Sciences, Head of the Geophysical Department
E-mail: glaznev@geol.vsu.ru*

*Институт океанологии Российской академии
наук (г. Москва)
Сорохтин Н. О., доктор геолого-минералогиче-
ских наук
E-mail: nsorokhtin@mail.ru*

*Institute of the Oceanology of the Russian Academy
of Sciences (Moscow)
Sorokhtin N. O., Doctor of Geological and Mineral-
ogical Sciences
E-mail: nsorokhtin@mail.ru*

*Геологический институт Кольского научного
центра Российской академии наук (г. Апатиты)
Раевский А. Б., кандидат физико-математиче-
ских наук
E-mail: raevsky@geoksc.apatity.ru*

*Geological Institute of Kola Science Centre of the
Russian Academy of Sciences (Apatity)
Raevsky A. B., Candidate of Physical and Mathema-
tical Sciences
E-mail: raevsky@geoksc.apatity.ru*

*Мурманский государственный технический уни-
верситет (г. Апатиты)
Козлов Н. Е., доктор геолого-минералогических
наук
E-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru*

*Murmansk State Technical University (Apatity)
Kozlov N. E., Doctor of Geological and Minera-
logical Sciences
E-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru*