

УДК 550.834

Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования. Материалы Международного научно-практического семинара. Роснедра, ВСЕГЕИ. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 245 с.

ISBN 978-5-93761-101-7

Сборник материалов Международного научно-практического семинара, прошедшего 18–20 сентября 2007 г. в С.-Петербурге, включает доклады, посвященные методике и результатам глубинных сейсмических исследований континентальной суши и морских акваторий. Сборник адресован геологам и геофизикам, занимающимся изучением земной коры и верхней мантии, и может быть полезен аспирантам и студентам старших курсов геолого-геофизических специальностей.

Главные редакторы
А.В. Липилин, О.В. Петров

Редколлегия
**А.Л. Анискин, В.Д. Каминский, С.Н. Кашубин, Ю.И. Матвеев,
Е.Д. Мильштейн, Ю.В. Рослов, Ю.М. Эринчек**

Ответственный редактор
Ю.М. Эринчек

Models of the Earth's crust and upper mantle by deep seismic profiling. Papers of the International Symposium 18–20 September, 2007. Rosnedra, VSEGEI. SPb, VSEGEI -Press, 2007. 245 p.

Collection of proceedings of the International scientific-practical seminar, which took place September 18–20 2007 in St. Petersburg, includes papers dedicated to the methods and results of deep seismic studies of the continental land and offshore zones. Collection is addressed to geologists and geophysicists who investigate the Earth's crust and upper mantle; it can be useful for postgraduate students and senior students of geological-geophysical disciplines.

Editors-in-chief
A.V. Lipilin, O.V. Petrov

Editorial stuff
**A.L. Aniskin, V.D. Kaminsky, S.N. Kashubin, Yu.I. Matveev,
E.D. Milshtein, Yu.V. Roslov, Yu.M. Erinchek**

Editor
Yu.M. Erinchek

ISBN 978-5-93761-101-7

© Коллектив авторов, 2007

© Федеральное агентство по недропользованию, 2007

© Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, 2007

Минц М.В., Филиппова И.Б. (Геологический институт РАН, Москва, Россия), Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. (ООО «Аэрогеофизика», Москва, Россия)

ОБЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО КРАТОНА (ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА): ПРОФИЛЬ ТАТСЕЙС

Mints Michael V., Philippova Irina B. (Geological Institute of the RAS, Moscow, Russia), Babayants Pavel S., Blokh Yury I., Trusov Alexey A. («Aerogeophisica», Moscow, Russia)

3 D MODEL OF THE DEEP CRUSTAL STRUCTURE OF THE VOLGA-URALIAN CRATON: THE TATSEIS REFLECTION PROFILE

A paper is devoted to geological interpretation of the reflection seismic image of the crust along the Tatseis geotraverse crossing the Volga-Uralian craton. A 3D geological model of the crust joins geological map of the Early Precambrian basement, 3D density and magnetization models of the upper part of the basement and data from deep boreholes, with results of the seismic deep crustal study. The model permitted to develop model of the Early Precambrian crustal evolution and discuss some important links between distribution of the hydrocarbon deposits and geological structure of the ancient basement.

Исходные материалы. Объемная модель глубинного строения и новые представления о неоархейской эволюции Волго-Уральского кратона (ВУК) базируются на опубликованных картах и петрологических данных (Богданова, 1986; Постников, 2002), результатах глубокого бурения и новых геофизических материалах (карты эффективных значений плотности и намагниченности на поверхности фундамента значительной части ВУК, трехмерные магнитная и плотностная модели верхней части фундамента, сейсмический геотраверс Татсейс, отработанный по технологии МОВ-ОГТ) (Трофимов, 2006).

Геология и метаморфизм (рис. 1). В строении ВУК площадью около 600 000 км² выделяются Токмовский, Бузулукский, Краснокамский и Верхнекамский «овоиды» диаметром 350–500 км, включающие овальные синформные структуры 200–300 км в поперечнике. В межовоидном пространстве также размещены удлиненно-овальные синформы. Поверхность фундамента сложена преимущественно породами гранулитогнейсовых комплексов и продуктами их регрессивных преобразований. В верхней части тектоно-стратиграфического разреза размещен комплекс *метаосадочных гранулитов* с прослоями основных кристаллосланцев (миннибаевский комплекс). Он подстилается комплексом *переслаивающихся мафитовых и метаосадочных гранулитов* при участии магнетит-гранат-гиперстеновых кварцитов, амфиболитов и гнейсов (сулеевский комплекс). Нижняя часть разреза образована комплексом *мафитовых гранулитов* и более глубинным комплексом *высокоплотных мафитовых гранулитов* (нурлатский и кинельский комплексы соответственно). Температуры метаморфизма, оцененные по составам сосуществующих клино- и ортопироксенов, реконструированных по продуктам их распада, достигали 940–950 °С (данные Яковлева Б.Г. по Богдановой, 1986). Максимальные оценки давления при метаморфизме, полученные в юго-восточной части кратона, – 9,5 кбар (данные Филипповского, Ситдикова, 1973 по Богдановой С.В., 1986). Гранулиты включают скиалиты и тела до- и синметаморфических габброидов, пироксенов и габбро-анортозитов, роль которых возрастает в нижней части разреза, а также автохтонные и интрузивные тела эндербитов, чарнокитов, тоналитов, диоритов и гранатсодержащих гранитов. Гранулиты мигматизированы, наблюдаются переходы к амфиболитам и плагиогнейсам.

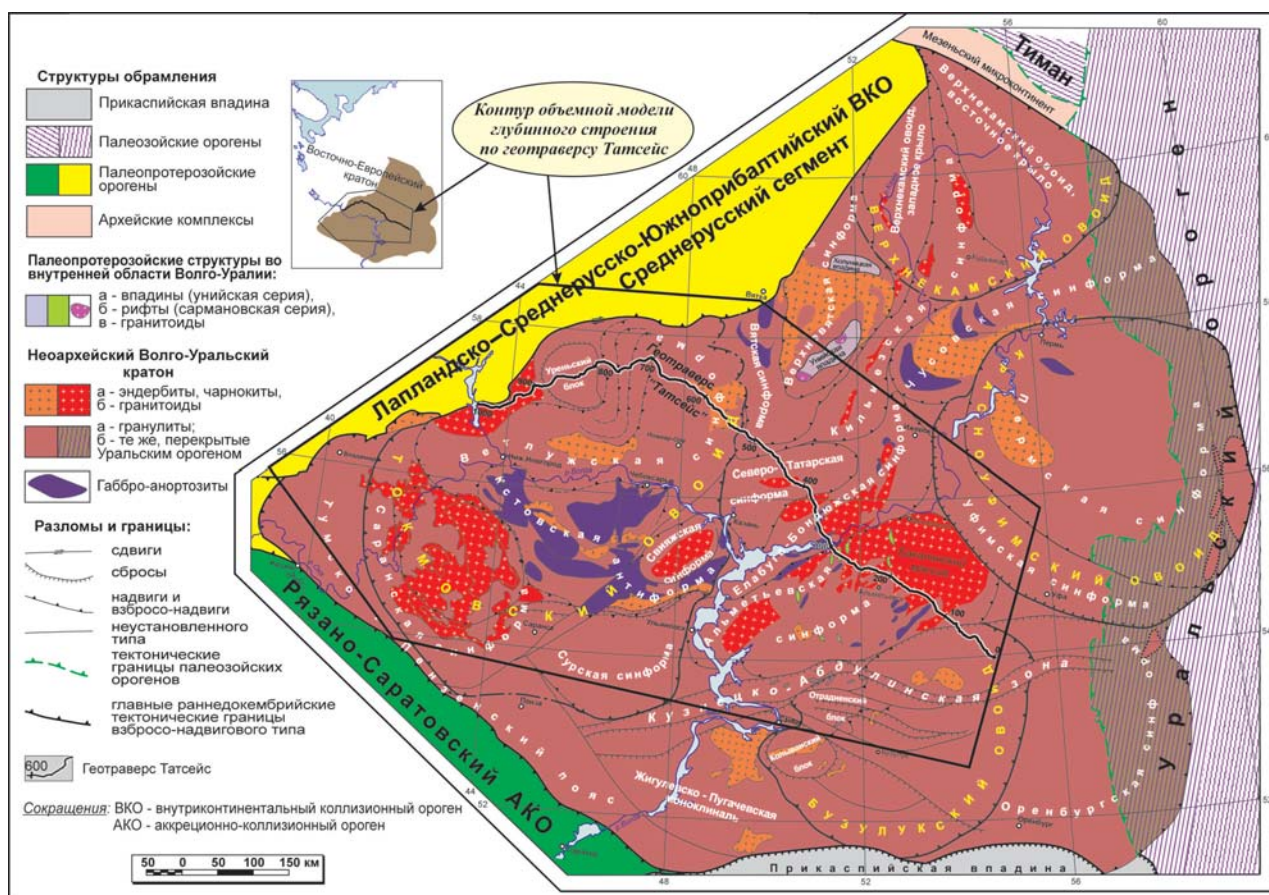


Рис. 1. Схема тектонического районирования Волго-Уральского кратона

Fig. 1. Sketch-map of the tectonic units within Volga-Uralian craton

Объемная модель глубинного строения. Разрез по геотраверсу Татсейс (рис. 2, 3) демонстрирует два принципиально различающихся типа коровых структур ВУК: первый – в пределах Токмовского овоида и второй – характерный для остальной части ВУК, пересеченной геотраверсом. Преобладающая часть Токмовского овоида занята Ветлужской синформой диаметром 300–350 км, прослеженной до коромантийной границы на глубине около 60 км. Синформа сложена высокоплотными мафитовыми гранулитами, включающими тела габброидов и габбро-анортозитов. Особую роль играет наклонно залегающий сквозькоровый Уренский цилиндрический блок диаметром 75 – 90 км в северо-западной части синформы, прослеженный до основания коры. Крылья синформы образованы последовательностью пластин, облегающих Уренский блок и надвинутых на структуры в обрамлении Токмовского овоида. Размещение и ориентировка сдвиговых перемещений и особенности глубинного строения позволяют рассматривать систему Уренский блок–Ветлужская синформа в качестве структуры вращения. Предполагается, что глубинное строение овоидов, не пересеченных геотраверсом, в принципе подобно строению Токмовского овоида. За пределами Токмовского овоида кора имеет трехъярусное строение. До глубины около 20 км кора образована ансамблем выполненных мафитовыми гранулитами и кондалитами овальных синформных структур, надвинутых друг на друга. Нижняя область мощностью ~ 35 км представляет собой последовательность тектонических пластин, погружающихся в северо-западном направлении и «проникающих» в мантию. Граница верхней и нижней коры «замещена» акустически прозрачной областью мощностью 10–20 км. При выходе к поверхности фундамента эта область представлена гранитоидами Бакалинского комплекса.

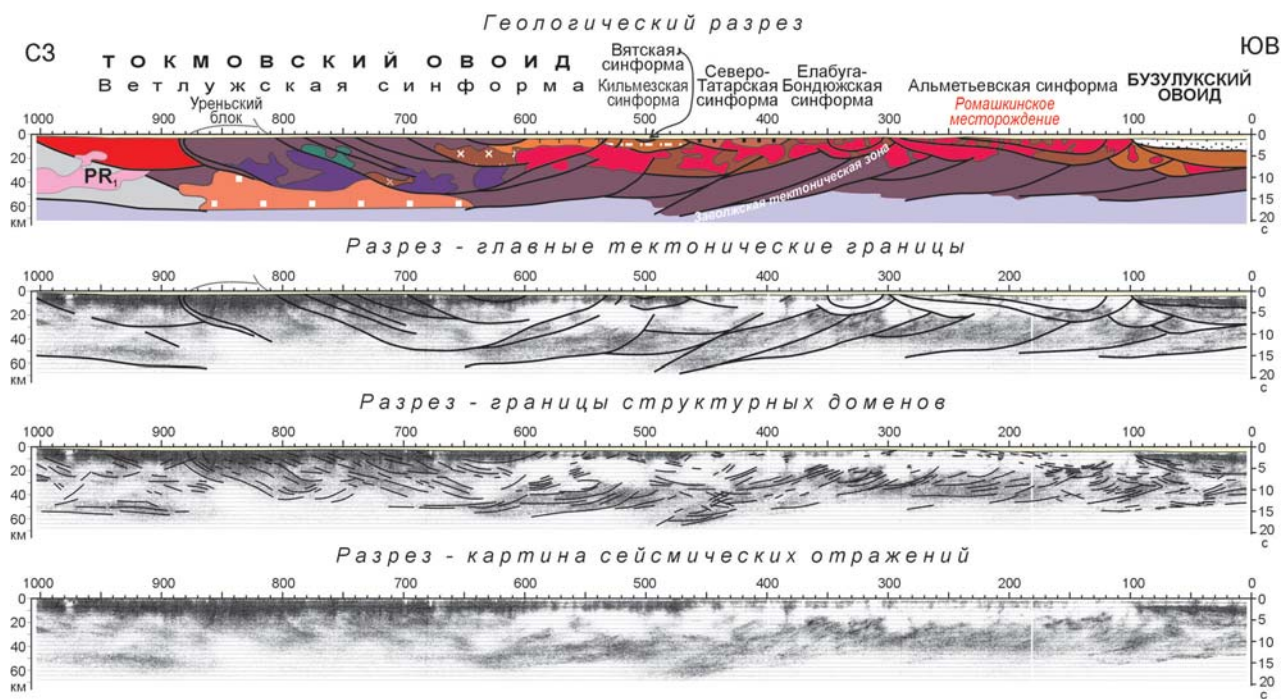


Рис. 2. Глубинный разрез по геотраверсу Татсей
 Fig. 2. Deep crustal section along Tatseis geotraverse

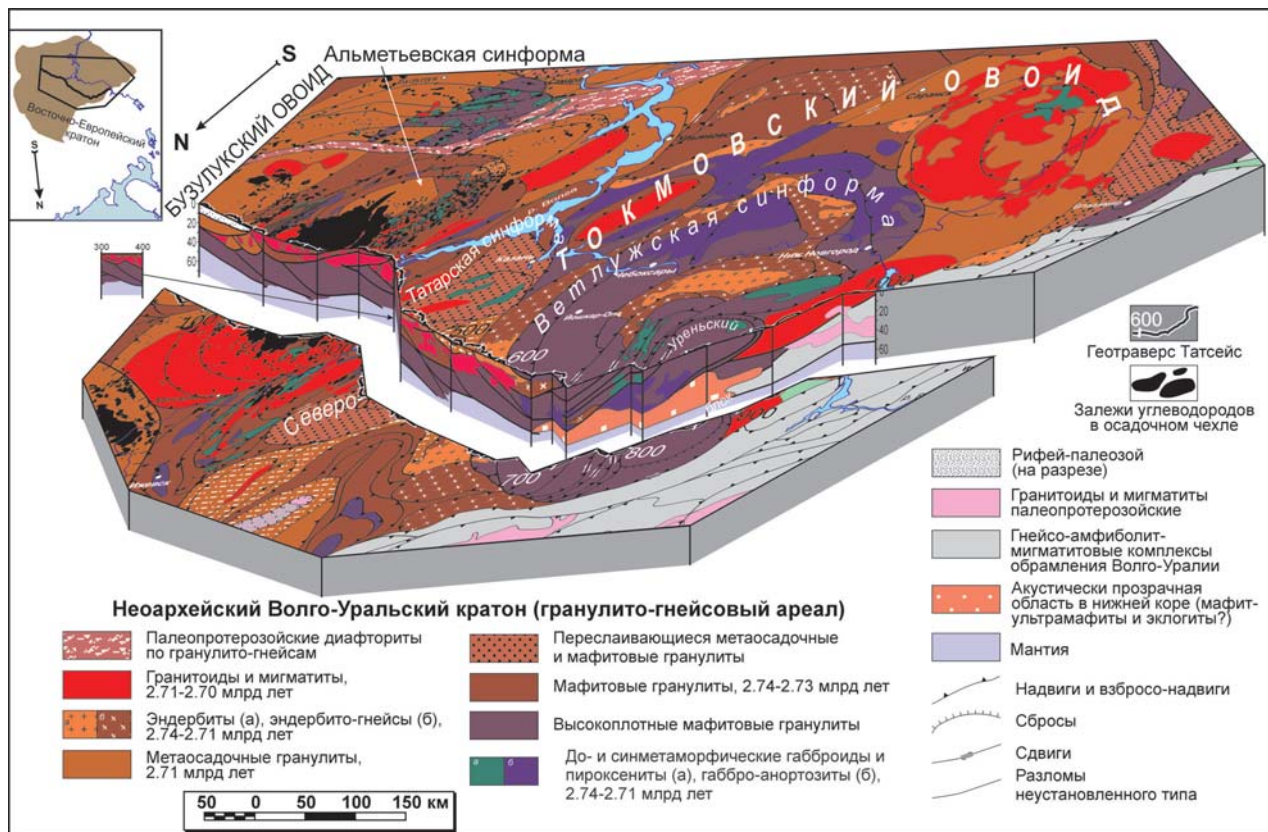


Рис. 3. Объемная модель глубинного строения Волго-Уральского фрагмента Восточно-Европейского кратона: профиль Татсей

Fig. 3. 3D model of the deep crustal structure of the Volga-Uralian craton: the Tatseis reflection profile

Модель эволюции. Формирование ВУК стало результатом *последовательности неархейских событий*, полностью преобразовавших более древнюю кору континентального типа (~3,1–3,0 млрд лет, Sm-Nd модельные возрасты (Постников, 2002 и ссылки там же): 1) ~ 2,74 млрд лет – разогрев коры и андерплейтинг мантийных расплавов в результате активности крупного (> 1000 км в поперечнике) плюма, породившего серию локальных плюмов, непосредственно взаимодействовавших с корой ВУК. Возраст метаморфизма – 2,71 млрд лет (здесь и далее U-Pb возраст по цирконам (Постников, 2002 и ссылки там же)); 2) 2,74–2,71 млрд лет – гранулитовый метаморфизм древних и ювенильных пород, погружение утяжеленной коры, формирование быстро углублявшихся депрессий, их заполнение контаминированными ювенильными вулканитами и осадками, высокоградный метаморфизм. Возникновение Урень-Ветлужской вихревой структуры, вероятно, связано с воздействием мощного локального плюма, характеризовавшегося винтообразным перемещением вещества; 3) 2,71–2,70 млрд лет – вышвление гранитоидных магм в средней области коры способствовало формированию детачмента, разделившего верхнюю (включая метаморфизованное выполнение депрессий) и нижнюю области коры; 4) 2,62–2,59 млрд лет – второй импульс гранулитового метаморфизма и последовавшего гранитообразования; 5) ~2,6 млрд лет – в результате коллизионного сжатия синформные структуры верхней части коры, наследующие положение бассейнов осадконакопления, частично перемещены друг на друга; сокращение нижней коры сопровождалось формированием наклонных пакетов коровых пластин и их погружением в мантию.

Палеопротерозойская история ВУК включает формирование впадин, Унийской и Холуницкой, и небольших рифтов, связанных с системой радиальных разломов в пределах Альметьевской синформы. Заполнение этих депрессий вулканогенно-осадочными толщами около 2,1 млрд лет назад сопровождалось метаморфизмом амфиболитовой фации и размещением небольших тел гранитоидов, а также диафторезом архейских пород в условиях эленосланцевой–амфиболитовой фации. Коллизионные события конца палеопротерозоя, результатом которых стало объединение крупных коровых фрагментов и создание Восточно-Европейского кратона, не привели к значительным структурным преобразованиям во внутренней области ВУК.

Особенности размещения *рифейских авлакогенов и структур фанерозойского осадочного чехла* связаны как с событиями в пределах орогенных поясов, обрамляющих Восточно-Европейский кратон, так и со структурами в раннедокембрийской коре, которая в этот период играла роль фундамента платформы. Размещение и морфология взбросо-надвиговых структур чехла (Казанцев, Казанцева, 2003) «трассируют» в чехол структуры фундамента – результат совместной реакции фундамента и чехла на тектонические напряжения, предопределенный неоднородным строением раннедокембрийской коры.

Закономерности размещения залежей углеводородов. А.В. Постников (2002) отмечал «... приуроченность зон нефтегазонакопления ... к областям развития в фундаменте высокоглиноземистых графитоносных комплексов». С другой стороны, одной из главных закономерностей пространственного распределения залежей углеводородов Волго-Уральской провинции является их связь с двумя типами структур чехла, «линейным» и «сводово-купольным» (Казанцев, Казанцева, 2003). Появление структур линейного типа связано с формированием позднепалеозойского Уральско-го орогена. Структуры второго типа, на наш взгляд, правильнее называть «овально-концентрическими взбросо-надвиговыми». Они отчетливо наследуют размещение и конфигурацию главных тектонических структур, сформированных к концу архея. Пространственные взаимосвязи залежей в «овально-концентрических взбросо-надвиговых» структурах чехла с главными элементами тектонических структур фундамента демонстрируются объемной моделью коры (рис. 3). В частности, гигантское Ромашкинское месторождение размещено над центральной частью Альметьевской синформы, выполненной магнетит- и графитсодержащими метаосадочными породами сулеевского комплекса. Пояс небольших месторождений отчет-

ливо следует краевой части синформы. Аналогичные закономерности характерны и для остальной территории. Их природа нуждается в дальнейшем изучении, однако уже сейчас понятно, что новые представления о строении раннедокембрийской коры ВУК позволяют наметить новые направления прогнозно-поисковых работ в регионе.

Результаты исследований образуют вклад в решение задач по проекту РФФИ (грант № 05-05-65012) и по Программе № 6 ОНЗ РАН.

Богданова С.В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии. М.:Наука. 1986. 224 с.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Главные особенности строения юго-востока Восточно-Европейской платформы // Георесурсы. 2003. Т. 14, № 2. С. 28–31.

Постников А.В. Фундамент восточной части Восточно-Европейской платформы и его влияние на строение и нефтегазоносность осадочного чехла. Автореф. док. дис. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. М. 2002. 52 с.

Трофимов В.А. Глубинные сейсмические исследования МОВ-ОГТ на геотраверсе Татсейс-2003, пересекающем Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию (по линии Воротиловская СГС – Пижма – Яранск – Мари-Турек – Кукмор – Альметьевск – Стерлитамак) // Геотектоника. 2006. № 4. С. 3–20.

Мухин В.Н., Каличева Т.И. (ВСЕГЕИ, С.-Петербург, Россия)

МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ)

Mukhin V.N., Kalicheva T.I. (VSEGEI, St. Petersburg, Russia)

MODEL OF DEEP STRUCTURE OF THE SOUTHERN JUNCTURE ZONE OF THE SIBERIAN PLATFORM AND BAIKALIAN FOLDED AREA (ACCORDING TO THE COMPLEX OF GEOPHYSICAL DATA)

In this investigation we made an attempt of meeting a lack in study of the deep structure of Baikalian rifted structure in the area of Lake Baikal water area with utilization of complex of geophysical data, including materials from areal gravimetric and magnetic surveys. As a result, a best-fit complex geological-geophysical model of the southern part of junction zone of the Siberian Platform and Baikalian folded area, including 3-D model and a series of sections was compiled. Baikalian rift and junction zone of the Siberian Platform and Baikalian folded area itself are the subvertical structure with reduced density for the whole thickness of the Earth's crust. In the basement of the southeast part, approximately up to the middle of the modern Baikalian rift, structures that can be interpreted as structures of the Baikalian folded area are observed.

Зона сочленения Сибирской платформы и Байкальской складчатой области (БСО) представляет собой на современном этапе глобальную сдвиго-раздвиговую структуру – Байкальский рифт, заложенный в кайнозой на месте древнего шва.

Исследованием глубинного строения юга Восточной Сибири, и в частности Байкальской рифтовой зоны, занимались многие коллективы на протяжении более 40 лет. В целом изученность этого региона сейсмическими методами достаточно высокая. Наиболее детальные материалы на всю мощность земной коры получены по трансрегиональным сейсмическим профилям ГСЗ, проходящим через Байкальскую рифтовую структуру: