

ГЛУБИННЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА БАЙКАЛО-ПАТОМСКОМ ФРАГМЕНТЕ ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА ОПОРНОГО ПРОФИЛЯ 1-СБ

Виктор Михайлович Соловьев

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора, тел. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

Александр Сергеевич Сальников

АО «Сибирский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, доктор геолого-минералогических наук, зав. отделом сейсморазведки, тел. (383)222-62-13, e-mail: seispv@sniiggims.ru

Виктор Сергеевич Селезнев

Сейсмологический филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, директор, тел. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

Семен Александрович Елагин

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, тел. (383) 333-25-35, e-mail: maelstrom@gs.nsc.ru

Илья Евгеньевич Романенко

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. (383) 333-25-35, e-mail: romanenko@gs.nsc.ru

Наталья Александровна Галёва

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, инженер-исследователь, тел. (383)330-75-68, e-mail: tatapelya@gmail.com

Представлены материалы глубинных сейсмических исследований на Байкало-Патомском фрагменте опорного геофизического профиля 1-СБ в Забайкалье. Построен глубинный сейсмический разрез с распределением скоростей продольных волн в коре и по границе Мохоровичича. Граница М расположена на глубинах 40–48 км, граничная скорость *P*-волн вдоль нее сильно меняется и составляет 7.9–8.4 км/с. Эффективная скорость продольных волн в коре в целом составляет 6.4–6.5 км/с. Установлено неоднородное скоростное строение верхней и средней частей коры до глубин 10–15 км.

Ключевые слова: профиль ГСЗ, скорость продольных волн, глубинный сейсмический разрез, земная кора, граница Мохоровичича.

DEEP SEISMIC SOUNDING AT BAIKAL-PATOM FRAGMENT OF EASTERN SECTION 1-SB PROFILE

Victor M. Solovyev

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Deputy director, tel. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

Alexander S. Salnikov

AO «Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources», 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, D. Sc., Head of seismic prospecting department, tel. (383)222-62-13, e-mail: seispv@sniiggims.ru

Viktor S. Seleznev

Seismological Branch of the Federal Research Center unified geophysical service of the Russian Academy of Sciences, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, D. Sc., director, tel. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

Semen A. Elagin

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Researcher, tel. (383)333-25-35, e-mail: maelstrom@gs.nsc.ru

Ilya E. Romanenko

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Researcher, tel. (383)333-25-35, e-mail: romanenko.ilyuha@gs.nsc.ru

Natalya A. Galyova

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Junior Researcher, tel. (383)330-75-68, e-mail: tatapelya@gmail.com

Paper present results of deep sounding at Baikal-Patom fragment of 1-SB profile. A deep seismic section with the distribution of velocities of longitudinal waves in the crust and the Moho boundary was build. The boundary of M is located at a depth of 40–48 km, the boundary *P*-wave velocity along it vary greatly and constitute 7.9–8.4 km/s. Effective velocity of longitudinal waves in the cortex as a whole make up 6.4–6.5 km / s. Established a non-uniform velocity structure of the upper and middle parts of the crust to a depth of 10–15 km.

Key words: deep sounding profile, the velocity of longitudinal waves, a deep seismic section, the Earth's crust, Moho boundary.

Введение

В 2014–2015 гг. АСФ ГС СО РАН совместно с ООО «Геотех» и АО «СНИИГГиМС» по заданию Роснедра отработан региональный профиль 1-СБ п. Среднеаргунск – п. Усть-Каренга – г. Таксимо – п. Витим, протяженностью свыше 1200 км, пересекающий крупные тектонические структуры Центрально-Азиатского складчатого пояса: Аргунский срединный массив, Селенга-Становую и Забайкальскую складчатые области, Бодайбино-Патомскую складчатую систему с выходом в Ангаро-Ленскую моноклизу Сибирской платформы (рис. 1). Ниже представлены материалы глубинных сейсмических исследований

на северо-западном Байкало-Патомском фрагменте опорного профиля 1-СБ (Восточный участок).

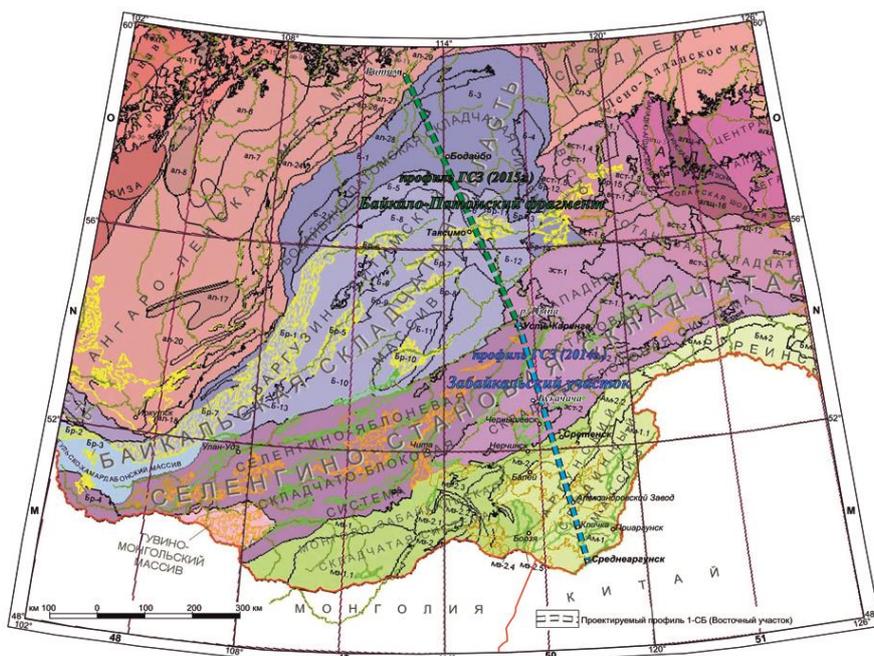


Рис. 1. Схема тектонического районирования полосы профиля 1-СБ, Восточный участок [5]

Полевой эксперимент и волновое поле на профиле ГСЗ Усть-Каренга – г. Таксимо – п. Витим

Была реализована плотная система наблюдений сейсмических волн. Расстояния между источниками возбуждения составляли в среднем 15–30 км, между приемниками – 4–6 км, диапазон удалений от источников – от 0 до 400 км.

В качестве источников возбуждения использовались взрывы тротила весом 3–5 тонн в озерах и мощные 40-тонные дебалансные вибраторы. Регистрация упругих колебаний осуществлялась 24-разрядными станциями «Роса-А» и «Байкал-АС» с группами вертикальных и трехкомпонентных приборов. Координаты установки сейсмоприемников и источников возбуждения определялись с использованием GPS-приемников.

Анализ волнового поля показывает, что на записях в первых вступлениях уверенно выделяются рефрагированные волны из верхней, средней (и эпизодически нижней) части земной коры и от поверхности Мохоровичича. На рис. 2 в качестве примера показаны сейсмические записи от взрывного (ПВ 6) и вибрационного (Вибр.13) источников в шкале реального времени прихода волн (А) и записи взрывов с ПВ 4 и ПВ 17 в редуцированном времени, в редукации 8 км/с (Б).

В пределах профиля скорость P -волн в первых вступлениях на удалениях 0–10÷15км в целом изменяется от 3.5–4.2 до 5.5–5.8 км/с. Наиболее высокими значениями скорости продольных волн характеризуются высокогорные участки

в южной и центральной части профиля (Селенга-Становой и Баргузинский массивы) и в северной части профиля в пределах Патомского нагорья. Пониженные значения скорости P -волн установлены на участках межгорных впадин в южной и центральной частях профиля и на участке Ангаро-Ленской моноклизы в северной части профиля.

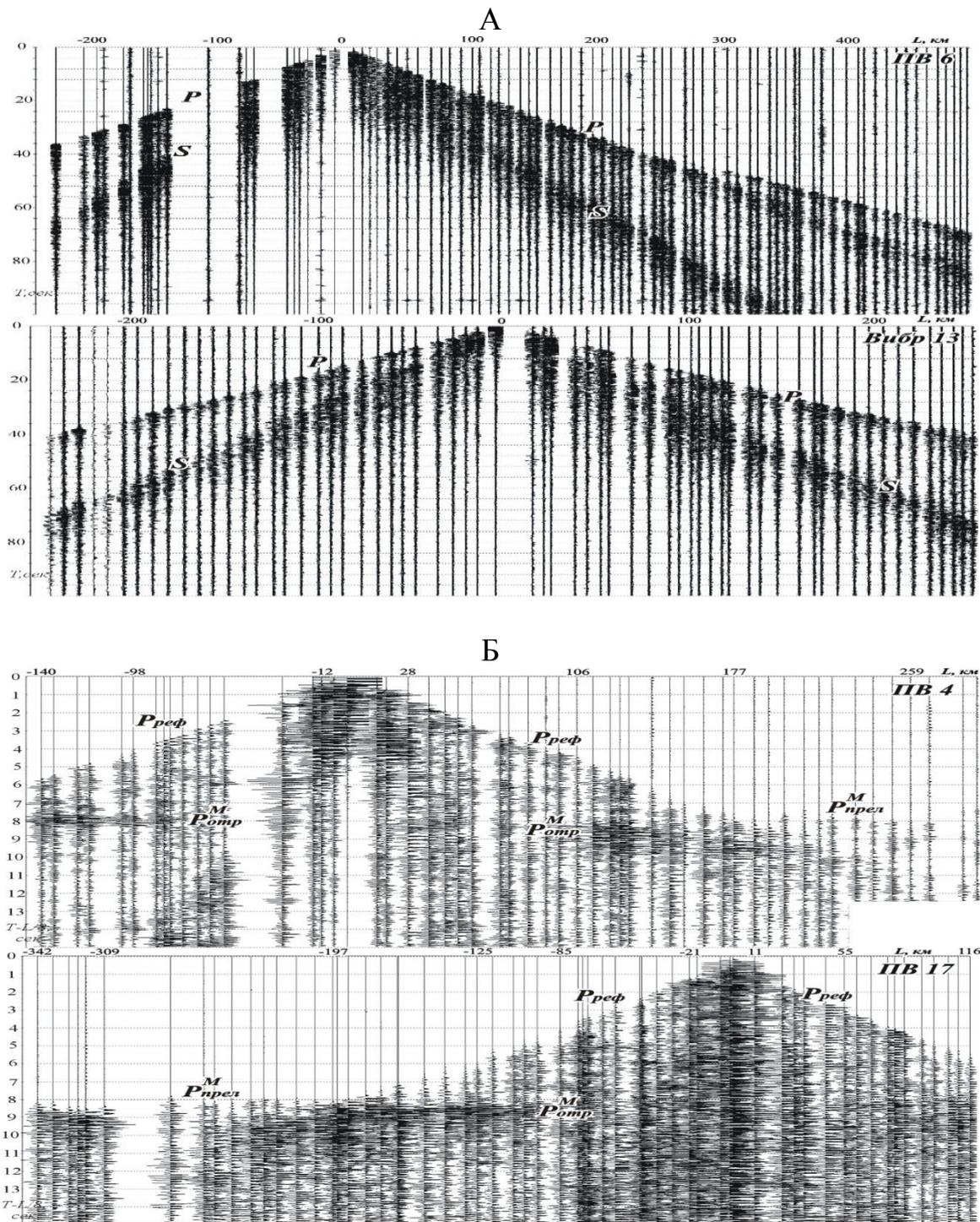


Рис. 2. Примеры волнового поля на Байкало-Патомском фрагменте профиля 1-СБ (Восточный участок). $P_{реф}$ – рефрагированные волны в земной коре, $P_{пр}^M$ и $P_{отр}^M$ – преломленные и отраженные волны от границы Мохоровичича

На удалениях от источников свыше 10–15 км и до удалений 150–170 км скорость продольных волн на большинстве годографов возрастает незначительно, примерно до 6.0–6.2 км/с и редко до 6.3–6.5 км/с.

На удалениях свыше 170–180 км в первых вступлениях начинают регистрироваться преломленные волны от поверхности Мохоровичича ($P_{пр}^M$) с высокими значениями кажущейся скорости в 7.7–8.7 км/с. В последующей части записи на удалениях 100–200 км выделяются интенсивные отраженные волны от поверхности Мохоровичича ($P_{отр}^M$) (рис. 2, Б) и в дальней части сейсмограмм – поперечные аналоги продольных волн (рис. 2, А).

Особенности глубинного строения на Байкало-Патомском фрагменте профиля 1-СБ

По данным опорных продольных волн (рефрагированных из земной коры, преломленных и отраженных от границы М) была выполнена интерпретация и БЛЛ построен глубинный сейсмический разрез (рис. 3).

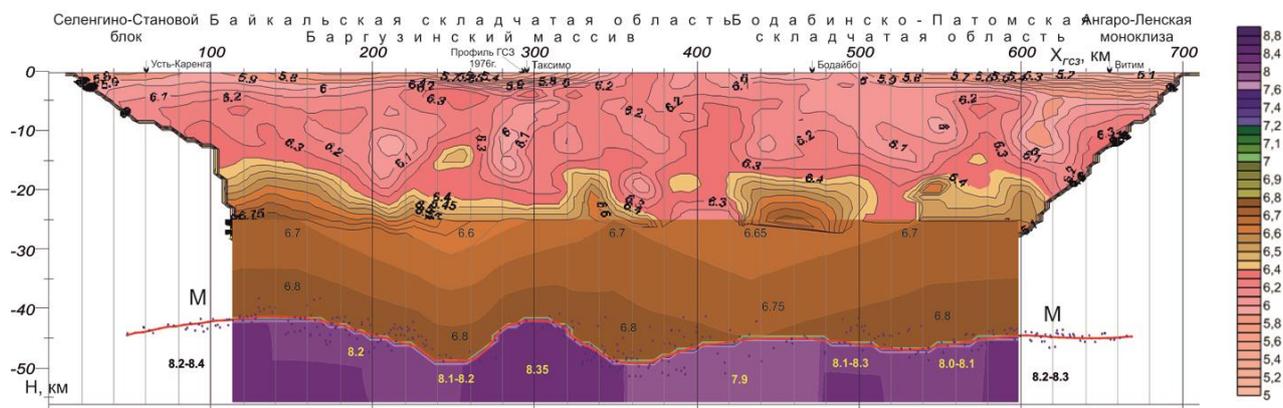


Рис. 3. Сводный глубинный сейсмический разрез по Байкало-Патомскому фрагменту опорного профиля 1-СБ (Восточный участок)

Реализован комбинированный способ восстановления результирующего разреза, включающий томографические построения верхней части разреза по данным рефрагированных волн [1], восстановления границы М по данным преломленных и отраженных волн [1–4], восстановления скоростей в нижней части коры по данным закритических отраженных волн от границы М на удалениях в 200–300 км, восстановления скоростей в средней части разреза путем решения прямых кинематических задач в рамках многослойной модели среды и согласованием с эффективными скоростями во всей толще земной коры [3]. Ниже описаны главные особенности строения (рельеф границы М и граничная скорость, эффективная скорость в коре...). Профиль 1-СБ (Байкало-Патомский фрагмент) пересекает в крест простирания крупные разнородные геоморфологические и геологические структуры. Основанием разреза является поверхность

Мохоровичича, которая прослежена на глубинах 40–48 км. Под крупными хребтами (Южно-Муйским, $X=220\text{--}280$ км и Северо-Муйским, $X=330\text{--}360$ км) мощность земной коры повышена до 45–48 км. Порядка 45 км мощность земной коры составляет в пределах Селенгино-Станового блока и Бодайбинско-Патомской складчатой области. В центральной части профиля на участке Муйской глыбы ($X=270\text{--}330$ км) и в юго-восточной части профиля ($X=100\text{--}200$ км) мощность земной коры понижена до 40–43 км (рис. 3). Эффективная скорость распространения сейсмических волн до границы М составляет 6.4–6.5 км/с. Повышенные значения скорости в 6.5 км/с отмечаются на участках высокогорных хребтов (Каларского, Южно- и Северо-Муйского) в юго-восточной и центральной части профиля ($X=50\text{--}125$ км, 220–280 км, 330–360 км) и в пределах Бодайбинско-Патомской складчатой области ($X=530\text{--}650$ км) (рис. 3).

Пониженные значения эффективной скорости P -волн в земной коре в 6.4–6.45 км/с приурочены к зонам межгорных впадин: ($X=150\text{--}210$ км), Муйско-Кондинской впадине ($X=280\text{--}330$ км) и в Ангаро-Ленской моноклизе ($X>675$ км). Граничная скорость продольных волн по поверхности Мохоровичича в целом по всему профилю изменяется от 7.9–8.1 до 8.2–8.4 км/с. Более высокие значения скорости P -волн (до 8.3–8.40 км/с) отмечаются для юго-восточного участка профиля (в Селенга-Становом блоке и Баргузинском массиве), в северо-западной части профиля (в северо-западной части Бодайбинско-Патомской складчатой области, $X=570\text{--}670$ км) и в центральной части профиля ($X=270\text{--}330$ км) в пределах так называемой Муйской глыбы; пониженные значения граничной скорости P -волн от границы М в 7.8–8.0 км/с отмечены в центральной части профиля ($X=350\text{--}460$ км) в области сочленения Байкальской и Бодайбинско-Патомской складчатых областей. Локальные зоны пониженной скорости P -волн по границе М до 8.0–8.1 км/с отмечены также на участках $X=90\text{--}120$ км, $X=230\text{--}260$ км и $X=520\text{--}560$ км. В целом полученное выше распределение граничной скорости коррелирует с результатами работ ГСЗ 70–80-х годов прошлого столетия [1, 2, 4,] и существенно дополняет их. Так, по данным прошлых лет и настоящих результатов, в рифтовой зоне, где по детальным сейсмическим исследованиям [1] граница М характеризуется пониженными значениями скорости, выделяется Муйская глыба с повышенными значениями скорости: до 8.1–8.2 км/с (на профиле ГСЗ 1976 года, проходящем через Муйско-Кондинскую впадину) и до 8.3–8.4 км/с (в результатах настоящих исследований). По данным анализа рефрагированных волн отмечается неоднородное строение верхней и средней частей коры до глубин 10–15 км. Значения пластовой скорости в нижней коре по профилю составляют в целом 6.7–6.8 км/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детальные сейсмические исследования литосферы на P - и S - волнах / С.В. Крылов, Б.П. Мишенькин, З.Р. Мишенькина и др. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма, 1993. – 199 с.

2. Изучение земной коры и верхней мантии в Байкальской рифтовой зоне методом глубинного сейсмического зондирования / Б.П. Мишенькин, З.Р. Мишенькина, Г.В. Петрик и др. // Физика Земли. – 1999. – №7–8. – С. 74–93.

3. Использование эффективных сейсмических моделей сред при работах ГСЗ на опорных профилях в Восточной части России / В.М. Соловьев, В.С. Селезнев, А.С. Сальников и др. // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. конф. Т. 4. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2014. – С. 74–86.

4. Недра Байкала (по сейсмическим данным) / С.В. Крылов, М.М. Мандельбаум, Б.П. Мишенькин и др. – Новосибирск: Наука, 1981. – 105 с.

5. Фрагмент цифровой тектонической (геолого-структурной) карты России м-ба 1:2500000 / Гл. ред. О.В. Петров, А.Ф. Морозов, отв. ред. С.И. Стрельников. – СПб.: ФГУП «ВСЕГЕИ», 2003.

© В. М. Соловьев, А. С. Сальников, В. С. Селезнев,
С. А. Елагин, И. Е. Романенко, Н. А. Галева, 2017