

А. В. Беляшов^{1}*

Трехмерная скоростная модель блока земной коры Центрального Байкала

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: BelyashovAV@ipgg.sbras.ru

Аннотация. По результатам обработки записей Р- и S-волн от событий Кударинского землетрясения сформирована трехмерная скоростная модель блока земной коры Центрального Байкала размером 250x230x36 км. В скоростном разрезе выделена область пониженных значений скорости (1.9-5.3 км/с для Р- и 1.1-3.0 км/с для S-волн) мощностью до 12 км, приуроченная к осадочным отложениям дельты р. Селенги и Южной котловины оз. Байкал. В центральной части исследуемого блока на глубине 6-8 км картирована кровля кристаллического фундамента со скоростью Р-волны 6.0 км/с. Анализ поля коэффициента Пуассона показал, что основная часть афтершоков сконцентрирована в пределах его значений 0.22-0.24. При этом, в соответствии с предварительным анализом, уменьшение параметра V_p/V_s с глубиной в большей степени обусловлено увеличением гипоцентральных расстояний, нежели геологическими условиями.

Ключевые слова: Центральный Байкал, Кударинское землетрясение, 3D скоростная модель

А. В. Беляшов^{1}*

3-D Velocity Model of the Central Baykal Earth Crust Block

¹ Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

*e-mail: BelyashovAV@ipgg.sbras.ru

Abstract. Basing on the Kudarinsky earthquake events P- and S-waves records processing three-dimensional velocity model of the Central Baykal crustal block 250x230x36 km in size was built. In the velocity section revealed the area up to 12 km thickness with reduced velocity values (1.9-5.3 km/s for P- and 1.1-3.0 km/s for S- waves), that is associated with sediments of Selenga river delta and Baykal lake South basin. In the central part of the investigated block at the depth of 6-8 km the top of crystalline basement with P-wave velocity of 6.0 km/s defined. Analysis of the Poisson ratio field shows, that the main part of the aftershocks concentrated in 0.22-0.24 range. Thereby, according to the preliminary analysis, decrease of the V_p/V_s ratio with depth is caused to a high degree by increase of the hypocentral distances, rather than geological conditions.

Keywords: Central Baykal, Kudarinsky earthquake, 3D velocity model

Введение

Информация о пространственных скоростных свойствах геологической среды позволяет определить её напряженно-деформированное состояние для оценки сейсмического режима территории [1-3]. Кроме того, использование трехмерной скоростной модели обеспечит более точную локализацию гипоцентров близких событий.

В работе [4] приведены промежуточные результаты изучения скоростных характеристик Центрального Байкала с использованием только Р-волн. Для получения полноценной картины с выходом на физические параметры среды (V_p/V_s , коэффициент Пуассона) в обработке задействованы времена вступления и S-волн. На рис. 1 представлено пространственное распределение событий Кударинского землетрясения, записи которого были использованы для построения трехмерной скоростной модели.

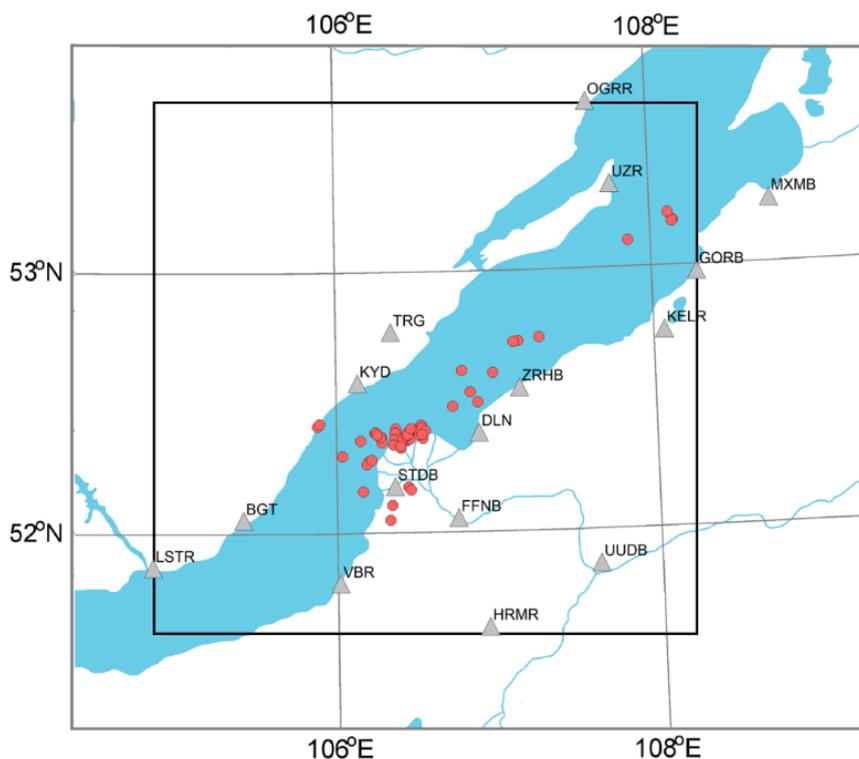


Рис. 1. Распределение событий Кударинского землетрясения (красные кружки): серые треугольники – сейсмические станции Байкальского и Бурятского филиалов ФИЦ ЕГС РАН (с кодовым названием), прямоугольный контур – границы трехмерной скоростной модели в плане

Работа выполнена с использованием данных Кударинского землетрясения, полученных на УНУ «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Характеристика параметра V_p/V_s

В статье [4] для афтершоков Кударинского землетрясения описывается феномен снижения величины параметра V_p/V_s с глубиной (рис. 2). Эта закономерность была объяснена реакцией параметров V_p/V_s и коэффициента Пуассона на вмещающую среду в виде уменьшения их величины при переходе от разуплотненных пластичных осадочных отложений к консолидированным хрупким породам фундамента.

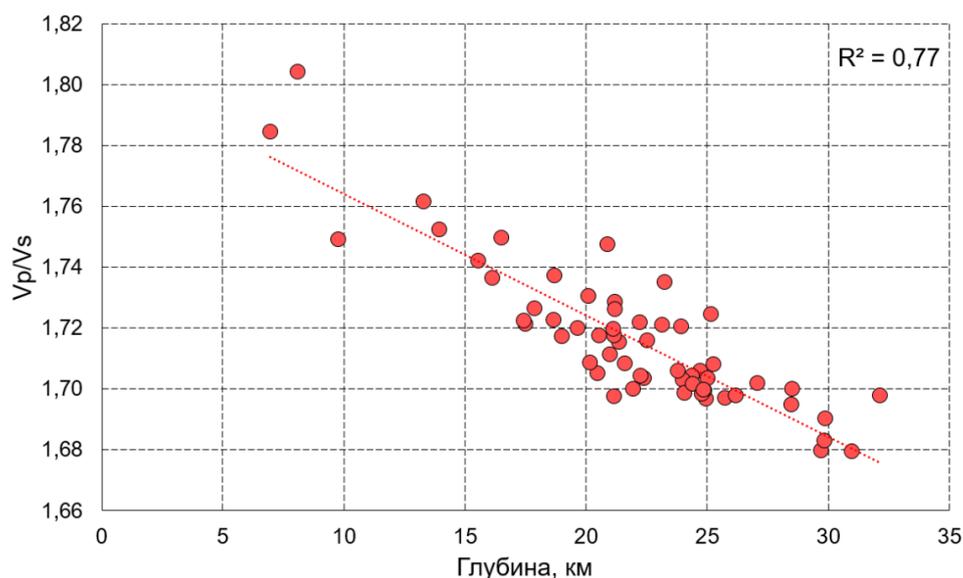


Рис. 2. График зависимости параметра V_p/V_s от глубины очага для событий Кударинского землетрясения (кружки - афтершоки)

Прежде всего, необходимо отметить, что описываемая закономерность несколько противоречит результатам некоторых прошлых сейсмических наблюдений, выполненных в пределах Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) [5, 6]. В указанных работах отмечается увеличение коэффициента Пуассона с глубиной, причем в статье [5] оно объясняется внедрением разогретых базитовых и ультра-базитовых пород в нижнюю кору и ее «размягчением», а в статье [6] – изменением литологии (от гранитов к диоритам или диабазам) и метаморфических фаций (от амфиболитов к базитовым гранулитам).

Также, предварительный анализ (выполненный в рамках описываемых исследований) поведения параметра V_p/V_s по отдельным станциям для каждого из событий позволил сделать вывод, что увеличение этого параметра с глубиной обусловлено не столько изменением геологических условий, сколько увеличением гипоцентральных расстояний и времен пробега волны от источника на станцию. Данный вопрос требует отдельного изучения.

Скоростные характеристики исследуемого блока по данным P- и S-волн

Способ построения трехмерной скоростной модели описан в работе [4], на рис. 3 представлены результаты в виде горизонтальных срезов по P- и S-волнам на различных глубинных интервалах: 6-9, 15-18 и 21-24 км. На карты скорости для глубинного интервала 6-9 км вынесено положение достоверно определенных разломов по [7].

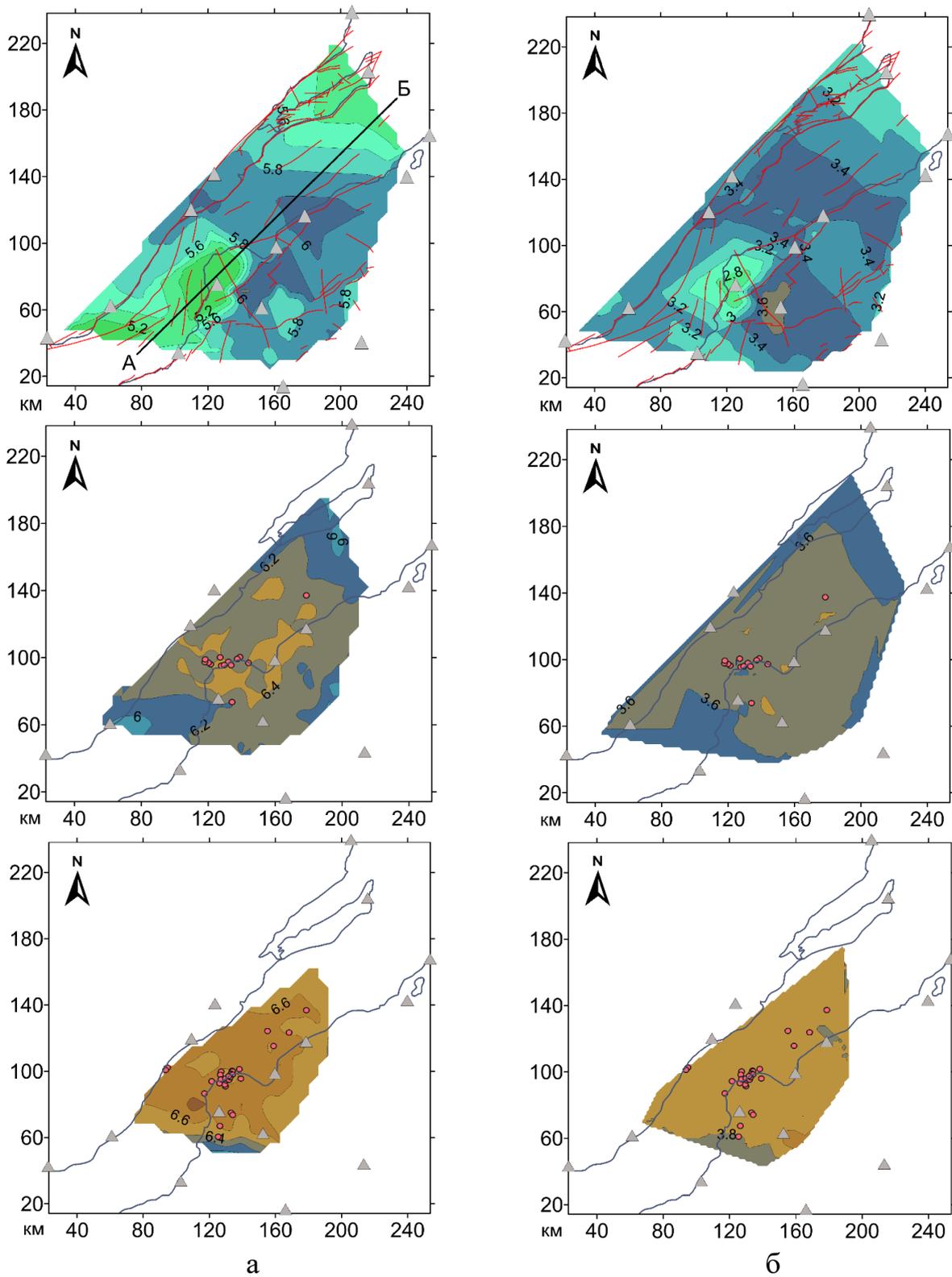


Рис. 3. Горизонтальные срезы в значениях скорости Р- (а) и S- (б) волн для глубинных интервалов: 6-9 км (вверху), 15-18 км (в центре) и 21-24 км (внизу). Значения скорости приведены на срезах в км/с; серые треугольники – сейсмические станции, красные линии – разломы; красные кружки – гипоцентры афтершоков, соответствующие глубинному уровню

Поля скорости Р- и S-волн характеризуются блоковым строением с чередованием зон повышенных и пониженных значений. При этом, учитывая региональный масштаб скоростной модели, выделенные области изменения скорости Р- и S-волн не наследуют конфигурацию разломной сети, но описывают строение основных геологических структур (рис. 3, вверху).

Для среза 6-9 км зона пониженных значений скорости (до 5.2 км/с для Р- и 2.8 км/с для S-волн) наблюдается в пределах Селенгинской дельты и прослеживается на юго-восток в сторону Южной котловины озера Байкал. Эта область относится к докайнозойским отложениям [8]. В центральной части среза отмечается повышение скорости до 6.0 км/с для Р- и 3.4 км/с для S-волн, что, может быть, связано с выходом на этих глубинах кровли кристаллического фундамента. Эти данные хорошо согласуются с результатами детальных сейсмических исследований, выполненных ранее [9].

На срезы 15-18 и 21-24 км вынесены гипоцентры афтершоков, локализованные в пределах представленных глубинных интервалов, при этом видимой связи со скоростными структурами не обнаружено.

Вертикальные разрезы в значениях скорости Р- и S-волн и коэффициента Пуассона, построенные по линии профиля А-Б (см. рис. 3а вверху), представлены на рис. 4. На скоростных разрезах (рис. 4а, б) в пределах дельты р. Селенги выделяется область пониженных значений скорости (в интервале от 1.9 до 5.5 км/с для Р-волн и от 1.1 до 3.0 км/с для S-волн) мощностью около 9 км, прослеживаемая в сторону Южной котловины оз. Байкал на глубину до 12-14 км. Кровля кристаллического фундамента со скоростью Р-волны 6.0-6.2 км/с залегает на глубине порядка 14 км под Южно-Байкальской котловиной с уступообразным уменьшением глубины до 10 км под Селенгинской дельтой. На глубине 30 км скорость сейсмических волн увеличивается до 6.8 км/с для Р- и до 4.2 км/с для S-волн.

Выделенные скоростные структуры соответствуют более ранним результатам детальных сейсмических исследований, выполненных на этом участке [8, 10].

На разрезах обозначено положение гипоцентров событий, вошедших в ± 10 км зону в створе профиля, также вне очевидной связи со скоростной структурой.

На вертикальном разрезе поля коэффициента Пуассона (рис. 4в) областям пониженной скорости в верхней части разреза соответствуют зоны повышенных до 0.32-0.34 значений коэффициента Пуассона, с ростом глубины он снижается до 0.2-0.26. Основная часть вынесенных на разрез гипоцентров разместилась в диапазоне величин коэффициента Пуассона 0.22-0.24. При этом, как было отмечено выше, этот результат не согласуется с данными, приведенными в [5, 6].

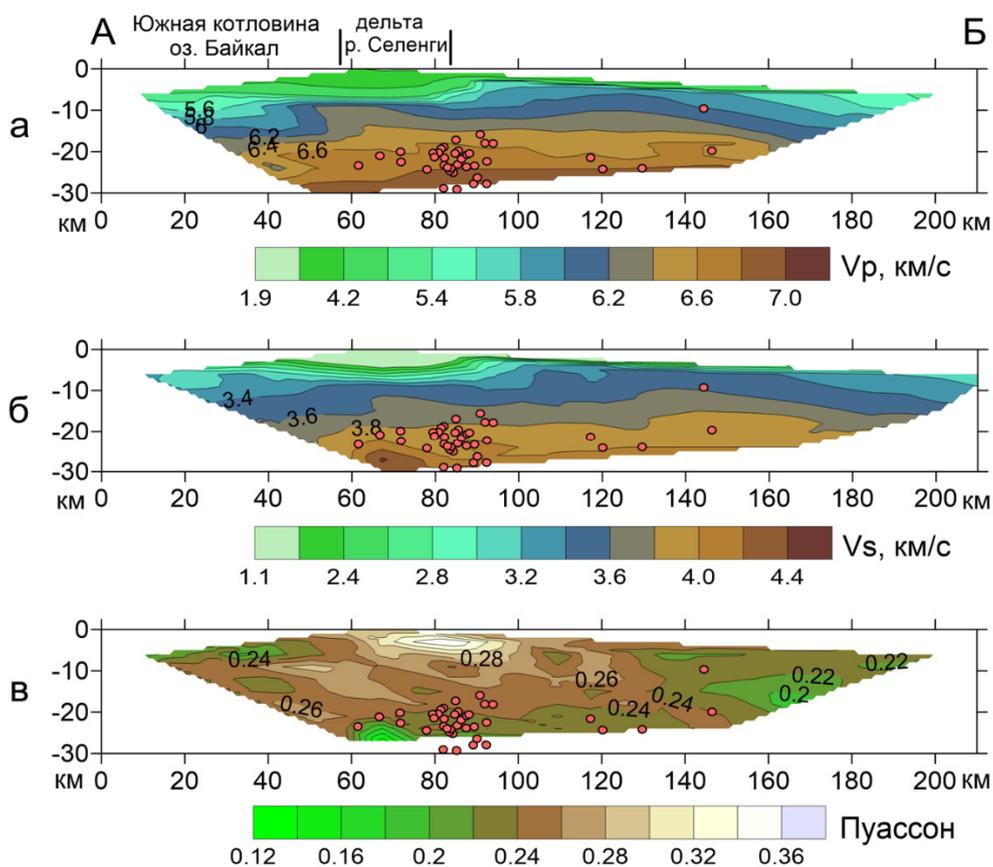


Рис. 4. Вертикальные разрезы в значениях скорости Р-волны (а), S-волны (б), и коэффициента Пуассона (в)

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ № FWZZ-2022-0021 “Региональные особенности структуры земной коры и верхов мантии платформенных и складчатых областей Сибири, их напряженно-деформированное состояние по данным сейсмологии, гравиметрии и геомеханики”.

Особая благодарность за помощь в работе с исходными данными сотрудникам Бурятского филиала ФИЦ ЕГС РАН и ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукк А. А., Нерсесов И. Л. Вариации во времени различных параметров сейсмотектонического процесса // Физика Земли. – 1982. – № 3. – С. 10-27.
2. Славина Л. Б., Кучай М. С., Лиходеев Д. В., Абдуллаева Р. Р. Оценка напряженно-деформированного состояния зон сейсмотектонической активности по кинематическому параметру V_p/V_s на примере структур Большого Кавказа, Куринской депрессии, Закавказья и Западного Прикаспия // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 31-56.
3. Дядьков П. Г., Романенко Ю. М., Козлова М. П., Цибизов Л. В., Дучкова А. А. Методические подходы к определению состояния блочной сейсмогенной среды на примере активизации 2008–2011 гг. в центральной части Байкальского рифта // Геофизические технологии. – 2018. – № 3. – С. 4–13.
4. Беляшов А. В. Скоростная модель Центрального Байкала по данным Кударинского землетрясения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIX Международный научный конгресс, 17–19 мая

2023 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 2 : Международная научная конференция «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – № 3. – С. 46-53.

5. Krylov S. V., Mishenkin B. P., Bryskin A. V. Deep structure of the Baikal rift from multi-wave seismic explorations // *Journal of Geodynamics*. – 1991. – Vol. 13. – № 1. – P. 87-96.

6. Deverchere J., Petit C., Gileva N., Radziminovitch N., Melnikova V., San'kov V. Depth distribution of earthquakes in the Baikal rift system and its implications for the rheology of the lithosphere // *Geophysical Journal International*. – 2001. – № 146. – P. 714-730.

7. Лунина О. В. Цифровая карта разломов для плиоцен-четвертичного этапа развития земной коры юга Восточной Сибири и сопредельной территории Северной Монголии // *Геодинамика и тектонофизика*. – 2016. – Т. 7. – № 3. – С. 407-434.

8. Крылов С. В., Селезнев В. С., Соловьев В. М., Петрик Г. В., Шелудько И. Ф. Изучение Байкальской рифтовой впадины методом сейсмической томографии на преломленных волнах // *Доклады РАН*. – 1995. – Т. 345. – № 5. – С. 674-677.

9. Brink U., Taylor M. Crustal structure of central Lake Baikal: Insights into intracontinental rifting // *Journal of Geophysical Research*. – 2002. – Vol. 107. – № B7. – P. 1-15.

10. Суворов В.Д., Мишенькина З.Р. Структура осадочных отложений и фундамента под южной котловиной озера Байкал по данным КМПВ // *Геология и геофизика*. – 2005. – Т. 46. – № 11. – С. 1159-1167.

© А. В. Беляшов, 2024