

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВОСТОЧНО-СТАНОВОГО ФРАГМЕНТА ОПОРНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ 8-ДВ (ПО ДАННЫМ ГСЗ)

В. М. Соловьев¹, А. С. Сальников², В. С. Селезнев³, Т. В. Кашубина⁴, Н. А. Галёва¹

¹Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», Новосибирск, Россия; ²Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия; ³Сейсмологический филиал «Единая геофизическая служба РАН», Новосибирск, Россия; ⁴Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

Представлены материалы глубинных сейсмических исследований на Восточно-Становом фрагменте опорного геофизического профиля 8-ДВ в пределах крупных тектонических зон – Селенгино-Становой и Амурской складчатых областей Центрально-Азиатского складчатого пояса. Показано, что на 700-километровом геофизическом профиле от взрывов зарегистрированы продольные волны от границ в земной коре и поверхности Мохоровичича. Установлено неоднородное строение по данным продольных волн верхней части земной коры до глубин 15–20 км и поверхности Мохоровичича. В целом мощность земной коры на профиле составляет 37–42 км; эффективные скорости продольных волн в коре и граничные по поверхности мантии изменяются на профиле соответственно от 6,35 до 6,5 км/с и от 7,9 до 8,5 км/с. Проведено обсуждение полученных результатов и сопоставление установленных особенностей сейсмического строения с тектоникой региона и материалами других исследований.

Ключевые слова: профиль ГСЗ, скорость продольных волн, глубинный сейсмический разрез, земная кора, граница Мохоровичича, Селенгино-Становая складчатая область, Амурская складчатая область.

DEPTH STRUCTURE FEATURES OF THE EASTERN STANOVY FRACTION OF THE 8-DV GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL SURVEY – BASE LINE (ACCORDING TO THE DSS DATA)

V. M. Solovyev¹, A. S. Salnikov², V. S. Seleznev³, T. V. Kashubina⁴, N. A. Galyova¹

¹Altay-Sayan Branch of Federal Research Center “Geophysical Survey of RAS”, Novosibirsk, Russia; ²Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ³Seismological Branch of “Geophysical Survey of RAS”, Novosibirsk, Russia; ⁴A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia

The materials of deep seismic operations on the Vostochno-Stanovoy fragment of the survey base geophysical profile 8-DV within large tectonic zones – the Selengino-Stanovoy and Amur fold regions of the Central Asian fold belt are presented. It is shown that longitudinal waves from the boundaries in the earth's crust and the surface of Mohorovichich were recorded from explosions on a 700-kilometer geophysical profile. An inhomogeneous structure was established according to the data of longitudinal waves of the upper part of the earth's crust to depths of 15–20 km and the surface of Mohorovichich. In general, the thickness of the earth's crust at the profile is 37–42 km; the effective velocities of longitudinal waves in the crust and refractor ones along the mantle surface change at the profile, respectively, from 6.35 to 6.5 km/s and from 7.9 to 8.5 km/s. The results obtained are discussed and established features of the seismic structure are compared with the tectonics of the region and materials from other studies.

Keywords: depth-sounding profile, P-wave velocity, deep seismic cross section, the earth's crust, Moho boundary, Selengino-Stanovaya folded region, Amur folded region.

DOI 10.20403/2078-0575-2020-4-29-39

Профиль 8-ДВ продолжает серию опорных геолого-геофизических профилей, которые выполняются по заказу Роснедр. Эти профили направлены на изучение крупных металлогенических провинций восточной части России, а также на системное обновление фундаментальной геолого-геофизической информации о строении и динамике недр [1, 5]. Представленные исследования относятся к Восточно-Становому фрагменту профиля 8-ДВ, расположенному в пределах крупных тектонических структур Центрально-Азиатского складчатого пояса – Селенгино-Становой и Амурской складчатых областей (рис. 1).



Рис. 1. Схема тектонического районирования по [1]

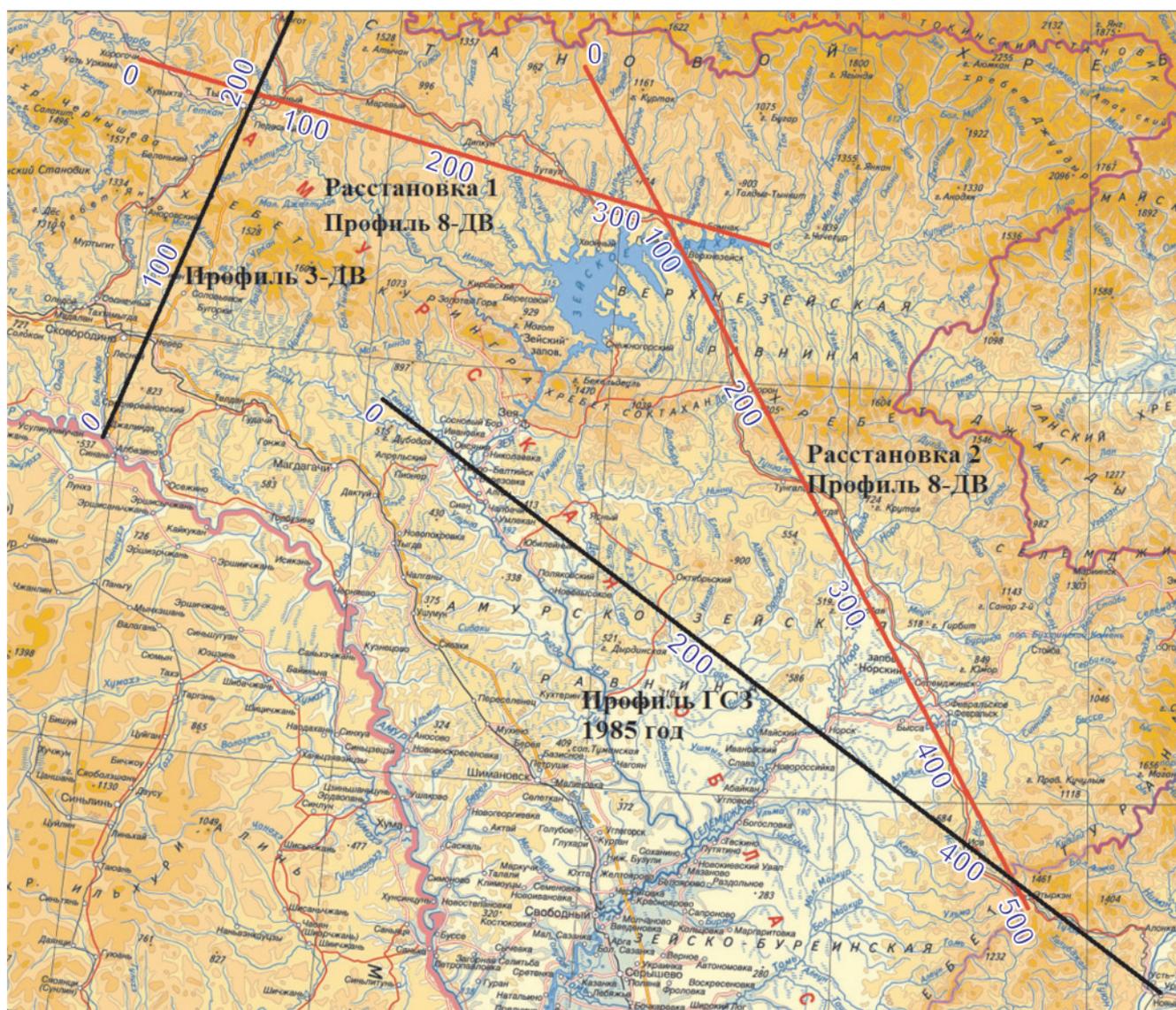


Рис. 2. Схема изучения территории методом ГСЗ

Полевой эксперимент и волновое поле на профиле ГСЗ Ларба – Бомнак – Верхнезейск – Ульма

Полевые исследования на Восточно-Становом фрагменте профиля 8-ДВ выполнялись по методике точечных зондирований [6, 13] на двух расстановках: Ларба – Бомнак (1) и Верхнезейск – Ульма (2) протяженностью 390 и 500 км соответственно (см. рис. 1). В начальной (западной) части профиль 8-ДВ пересекает южный участок опорного геолого-геофизического профиля 3-ДВ [3], отработанного по заказу Роснедр в 2008–2014 гг., а в юго-восточной части расстановки 2 – профиль ГСЗ р. Зeya – р. Селемджа – р. Буряя, выполненный ПГО «Иркутскгеофизика» и СО АН СССР в 1985 г. [9] (рис. 2). Расстояния между источниками возбуждения (взрывы зарядов весом 3–5 т в неглубоких водоемах и болотах) на расстановках 1 и 2 составляли 20–40 км; расстояние между станциями с вертикальными приборами менялось от 5 до 8 км, с трехкомпонентными приборами – 20 км. Дальность регистрации на ряде участков

достигала 350–370 км. На расстановках 1 и 2 произведено 13 и 16 возбуждений упругих колебаний соответственно. В целом спектры от взрывов в ближней зоне находятся в достаточно широком диапазоне – от 3 до 15–25 Гц. На больших удалениях (100–140 км) максимумы спектров практически от всех взрывов лежат в диапазоне 4–14 Гц.

Детальный анализ волнового поля на исследуемом фрагменте показывает, что на записях уверенно выделяются волны в первых вступлениях от границ в верхней и средней части земной коры и поверхности Мохоровичича (рис. 3). В пределах расстановок 1 и 2 скорости Р-волн в первых вступлениях на удалениях от 0 до 10–15 км в целом изменяются от 2,7–2,8 до 5,5–5,7 км/с.

Наиболее высокими значениями скорости продольных волн на профилях характеризуются участки высокогорных хребтов и плоскогорий: на расстановке 1 – 20–70 и 220–320 км; на расстановке 2 – 0–100, 200–300 и 450–500 км.

Наиболее низкие значения скорости Р-волн (2,7–2,8 км/с) установлены на расстановке 2 в зоне

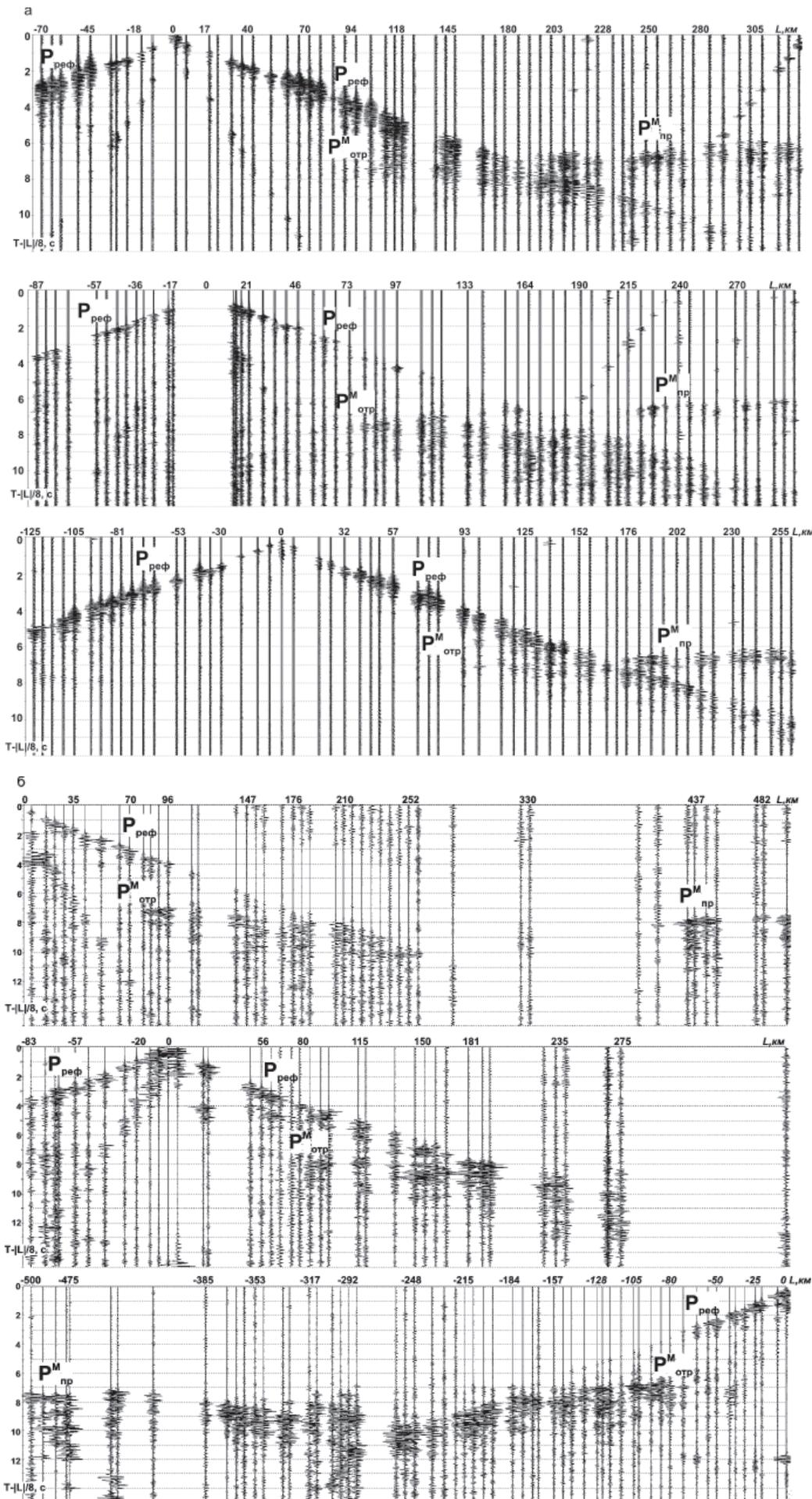


Рис. 3. Анализ волнового поля на расстановках Ларба – Бомнак (1) и Верхнеизыск – Ульма (2) профиля 8-ДВ после ряда процедур цифровой обработки. Примеры редуцированных записей ($V_{ред} = 8,0$ км/с): а – ПВ 103, 104, 105; б – ПВ 201, 204, 216



Верхнезейского водохранилища (120–190 км); пониженные (4,4–5,0 км/с) отмечены также в юго-восточной части расстановки 2 (350–450 км). На базах свыше 10–15 км и до удалений 100–150 км скорости продольных волн по основной массе годографов возрастают незначительно (примерно до 6,0–6,2, редко до 6,3 км/с). На ряде годографов расстановки 2 в центральной части на удалениях 150–180 км кажущиеся скорости увеличиваются до 6,4–6,6 км/с. В пределах расстановки 2 на части источников возбуждения на участке 150–200 км в пределах всех удалений можно отметить изломы годографов, характеризующие низкие скорости волн в первых вступлениях (от 2,7–2,8 км/с на самых малых удалениях до 5,0–5,4 км/с на удалениях до 130–180 км), что обусловлено низкоскоростными неоднородностями в верхней части разреза Верхнезейского водного бассейна.

На удалениях свыше 170–180 км в первых вступлениях начинают регистрироваться волны с высокими значениями кажущейся скорости (7,5–8,9 км/с), по кинематическим, динамическим характеристикам и области прослеживания отнесенным к преломленным волнам от поверхности Мохоровичича ($P_{\text{пр}}^M$ -волнам). Продольные волны от поверхности Мохоровичича динамически выражены на сейсмограммах, состоят из двух-трех фаз с видимыми частотами 8–11 Гц (см. рис. 3). Редуцированные времена $P_{\text{пр}}^M$ -волн (при скорости редукции 8,0 км/с) в области выхода в первые вступления изменяются в целом незначительно вдоль профиля: от 6,4 до 7,4 с (на расстановке 1) и от 7,5 до 8,4 с (на расстановке 2), что свидетельствует о небольшом погружении границы М в юго-восточной части профиля. Нагоняющие годографы (достроенные с использованием начальных точек отраженных волн) параллельны и увязываются во взаимных точках по системам встречных и нагоняющих годографов. Значения кажущейся скорости по годографам $P_{\text{пр}}^M$ -волн изменяются в широких пределах – от 7,4 до 8,9 км/с.

В последующих частях записей поля продольных волн на удалениях 80–250 км на ряде годографов выделяется мощная отраженная волна, идентифицируемая по кинематическим и динамическим признакам (см. рис. 3) как отраженная волна от поверхности Мохоровичича ($P_{\text{отр}}^M$). Необходимо отметить в целом нерегулярный характер записи этой волны на профиле. Наиболее уверенно на большинстве годографов $P_{\text{отр}}^M$ -волна выделяется в области начальных точек на удалениях 90–110 км и менее уверенно – на больших базах.

Интерпретация и результаты

Интерпретация данных продольных волн на двух расстановках Восточно-Станового фрагмента профиля 8-ДВ проводилась традиционными способами ГСЗ [6, 8, 13]. Были построены годографы рефрагированных Р-волн, преломленных и отраженных от границы Мохоровичича, увязанные во взаимных точках. По данным рефрагированных

волн рассчитаны томографические разрезы земной коры до глубин 15–25 км. По данным преломленных и отраженных продольных волн от границы М устанавливались средняя (эффективная) скорость Р-волн в земной коре, положение поверхности Мохоровичича и распределение вдоль нее значений граничной скорости преломленных волн.

На расстановках 1 и 2 определение эффективной скорости продольных волн в земной коре производилось по центрам зондирований и по сводному годографу в квадратичных координатах. Осредненные значения эффективной скорости продольных волн в земной коре по сводным годографам на расстановках 1 и 2 оказались достаточно близки – $6,40 \pm 0,10$ км/с (рис. 4, а, б).

Из рис. 4 видно, что для расстановки 1 разброс редуцированных времен (в квадратичных координатах) различается для разных удалений (0 – 27000 км² и 27000 – 70000 км²), что может быть обусловлено как существенными ошибками в корреляции, так и значительным изменением эффективной скорости в земной коре на разных участках расстановки 1. С целью уменьшения неоднозначности в построениях определение эффективной скорости продольных волн в земной коре на расстановке 1 производилось по центрам зондирований [8]. В квадратичных координатах (как и при построении поля времен) строились годографы отраженных волн, отнесенные к центрам зондирований. Исходя из плотности наблюдений выбиралось окно по оси Х (реально 50 км), в котором собирались данные (в квадратичных координатах) с разных удалений и определялись значения эффективной скорости. Так, с окном 50 км и шагом 10 км определялась эффективная скорость. Подобный способ оправдан на данном участке в связи с высокой плотностью наблюдений (что создает представительные выборки в окнах осреднения) и сильными локальными изменениями рельефа М, соответственно, большими углами наклона границы. В этих условиях наиболее достоверными считаются определения скоростей не между изолиниями поля, построенными путем интерполяции, а данные симметричных зондирований, для которых существует минимальная неоднозначность в определении скорости [6, 12, 13].

Графики значений эффективной скорости продольных волн в земной коре на расстановке 1 и примеры определения $V_{\text{эфф}}$ на разных участках расстановки представлены на рис. 5. Наибольший разброс данных при определении по центрам зондирований был получен на западном и восточном окончаниях расстановки, что связано с невысокой плотностью наблюдений. Как видно из рис. 5, а, в центральной части расстановки 1 отмечаются повышенные значения эффективной скорости Р-волн (до 6,55 км/с), а на западном и восточном участках они понижены до 6,3 и 6,4 км/с соответственно.

Эффективная скорость продольных волн, определенная по центрам зондирований на

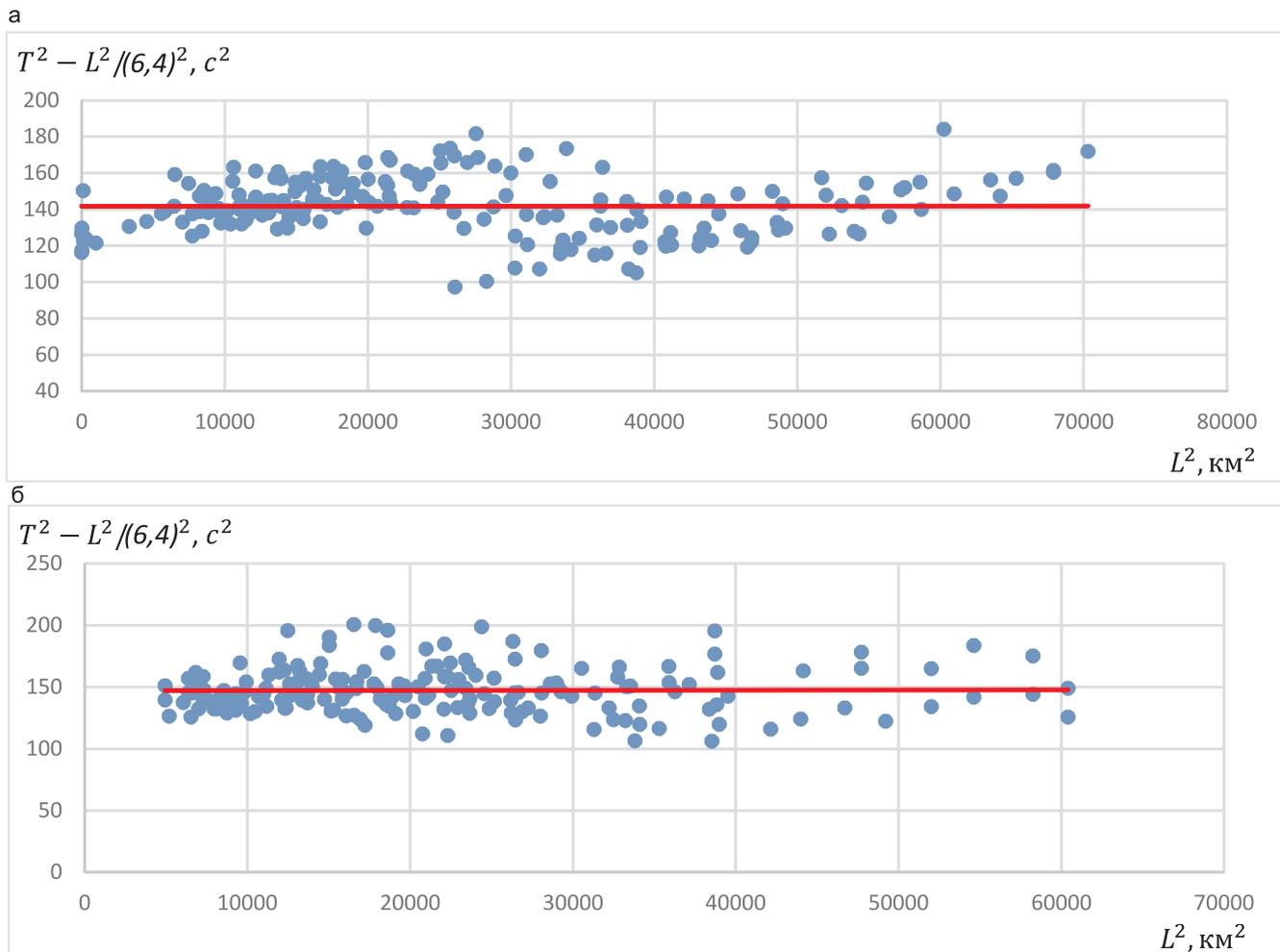


Рис. 4. К определению эффективной скорости продольных волн на профиле 8-ДВ. Редуцированные годографы ($V_{ред} = 6,4$ км/с) отраженных волн (в квадратных координатах) для расстановок: а – 1 (Ларба – Бомнак), б – 2 (Верхнезейск – Ульма)

расстановке 2, также изменяется от 6,2–6,3 км/с в северо-западной и юго-восточной частях до 6,5 км/с в центральной.

По годографам $P_{гп}^M$ -волн, продленных с использованием начальных точек отраженных волн от границы М, построены графики значений кажущейся скорости в прямом и встречном направлениях, определены осредненные значения кажущейся скорости и граничная скорость (с учетом сейсмического сноса) (рис. 6).

Значительные изменения граничной скорости отмечаются для западного участка расстановки 1 (100–180 км) (см. рис. 6, а) и северо-западного участка расстановки 2 (см. рис. 6, б).

Глубины до поверхности Мохоровичича на исследуемом профиле определялись на основе данных по отраженным волнам от границы М. При расчетах на расстановках 1 и 2 использовались осредненные значения скорости продольных волн в земной коре $6,4 \pm 0,1$ км/с (см. рис. 4, а, б).

По результатам интерпретации опорных продольных волн построены глубинные сейсмические разрезы на расстановках 1 и 2 профиля 8-ДВ и сводный результирующий разрез по его Восточно-Становому фрагменту (рис. 7). Реализован комбини-

рованный способ восстановления результирующих разрезов, описанный в [8], который включает томографические построения верхней части разреза по данным коровых преломленных (рефрагированных) Р-волн, восстановление: границы М по данным преломленных и отраженных Р-волн, скорости в нижней части коры по данным закритических отраженных Р-волн от границы М на удалениях 200–300 км, скорости Р-волн в средней части разреза путем просчета прямых кинематических задач в рамках многослойной модели среды и согласованием с эффективной скоростью во всей толще земной коры.

Результаты выполненных исследований коррелируют с результатами глубинных сейсмических исследований прошлых лет на профилях р. Зей – р. Селемджа – р. Буряя [9] и профиле 3-ДВ (Южный участок) [3]. Так, на профиле 3-ДВ в районе п. Тында мощность земной коры составляет, как и на ортогональном профиле 8-ДВ (участок п. Тында на рис. 2), 37–38 км. Совпадают также значения эффективной скорости в земной коре (6,35–6,4 км/с) и граничной скорости по поверхности Мохоровичича на профиле 3-ДВ (8,0–8,2 км/с) и на профиле 8-ДВ (8,1–8,2 км/с). В области пересечения профилей ГСЗ р. Зей – р. Селемджа – р. Буряя (1985 г.) и профиля

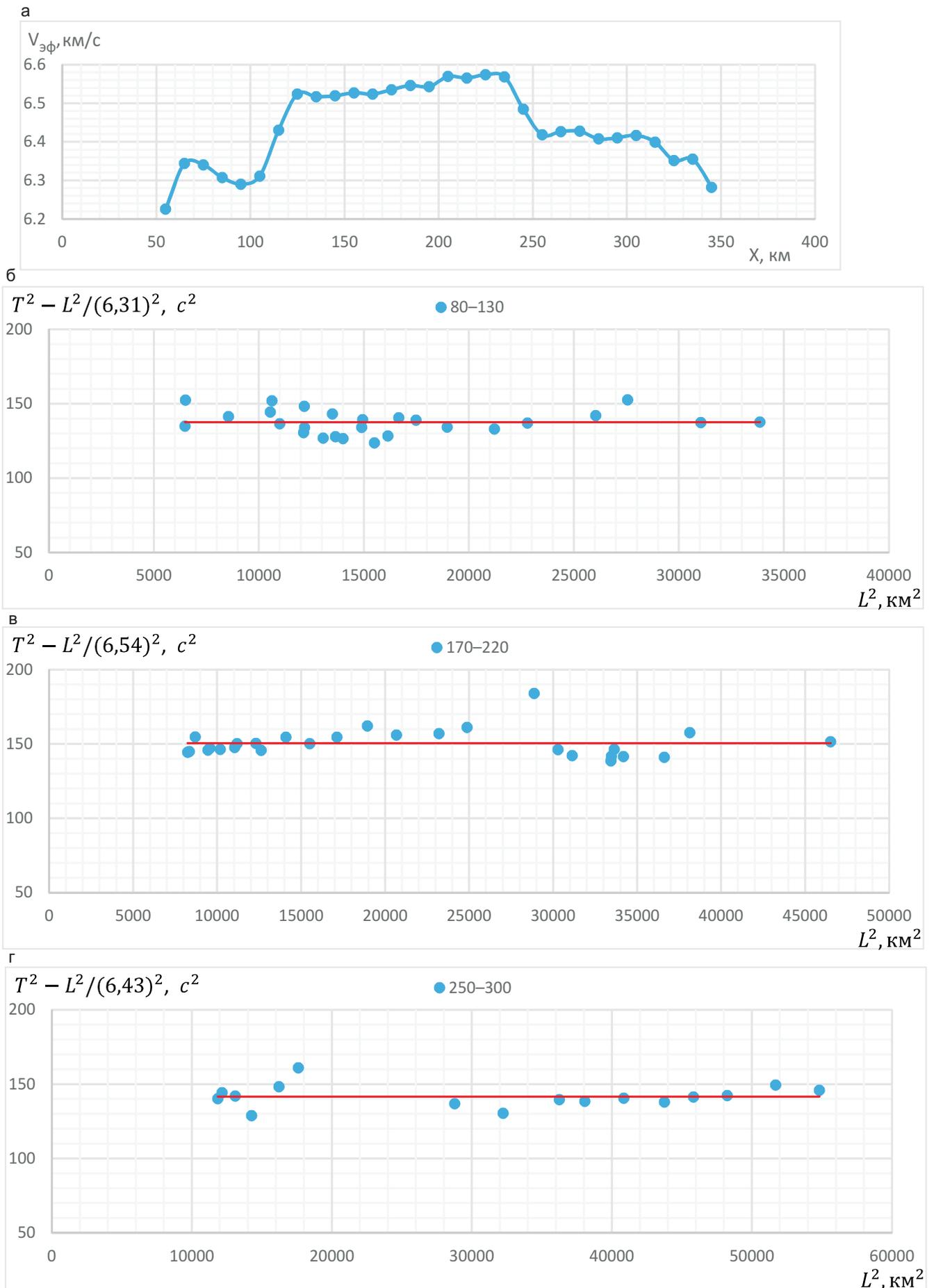


Рис. 5. График значений эффективной скорости в земной коре на расстановке Ларба – Бомнак профиля 8-ДВ (а) и примеры определения $V_{эф}$ на участках 80–130 км (б), 170–220 км (в) и 250–300 км (г)

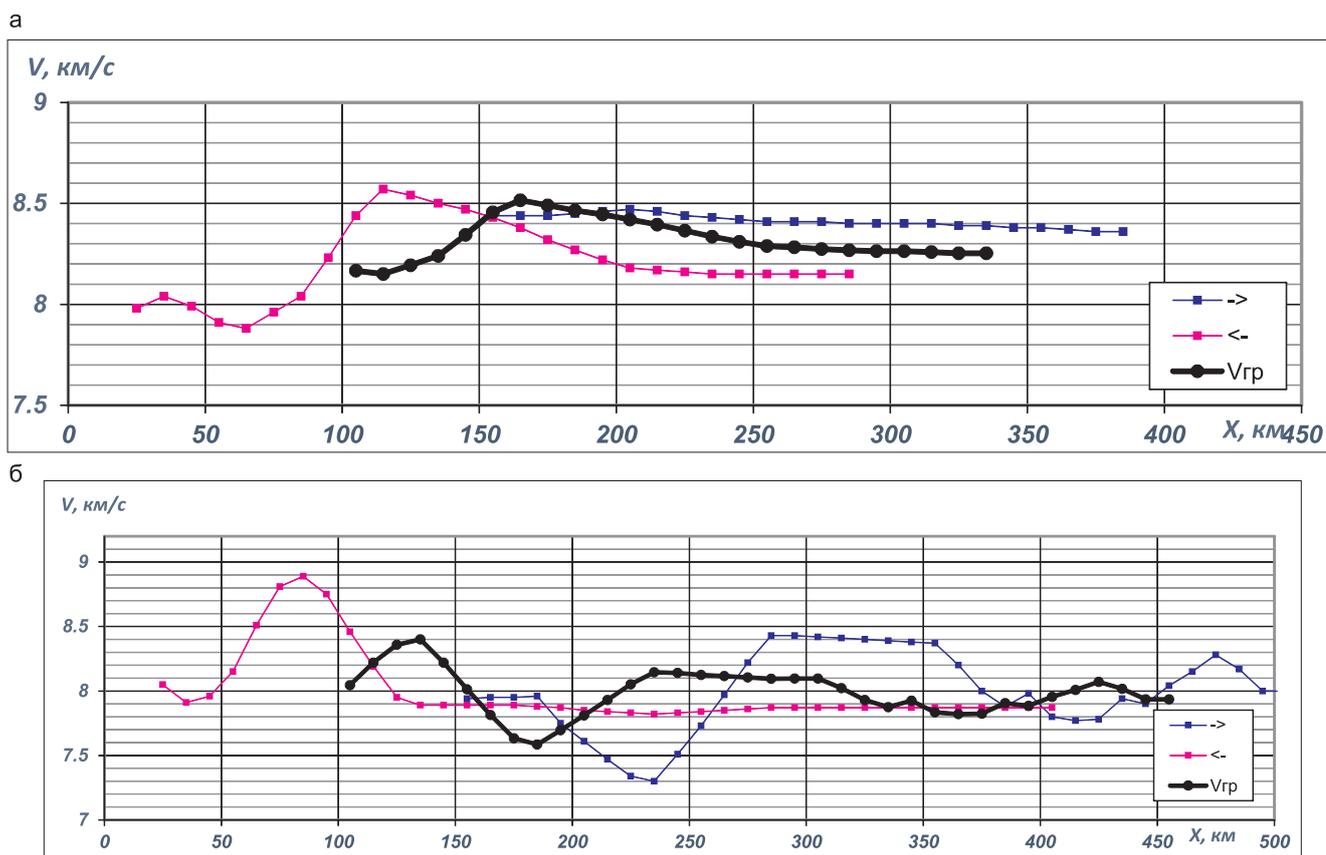


Рис. 6. К определению граничной скорости на расстановках Ларба – Бомнак (а) и Верхнеизыск – Ульма (б) профиля 8-ДВ (синий и красный – графики значений кажущейся скорости в прямом и встречном направлениях соответственно; черный – граничной скорости)

8-ДВ (район п. Иса и п. Ульма на рис. 2) также отмечается совпадение глубин залегания границы М (35–36 и 36–37 км соответственно). Близки также значения граничной скорости по границе М (8,1–8,2 и 7,95–8,05 км/с).

Обсуждение результатов

Восточно-Становой фрагмент профиля 8-ДВ находится в пределах крупных тектонических структур Центрально-Азиатского складчатого пояса – Селенга-Становой и Амурской складчатых областей [1] (см. рис. 1). Согласно [10], «Селенгино-Становой супертеррейн юго-восточной окраины Северо-Азиатского кратона является одной из ключевых структур восточной окраины Азии. Основу его геологического строения составляют традиционно выделяемые условно ранне- и позднедокембрийские комплексы, а также многочисленные интрузивные и вулканоплутонические ассоциации палеозоя и мезозоя». К таким комплексам и блокам в западной части профиля 8-ДВ (0–340 км) в пределах Восточно-Становой складчато-блоковой системы Селенгино-Становой складчатой области по геологическим данным относят Ларбинский (0–40 км), Иликанский (130–175 км), Улаханский (250–330 км) метаморфические блоки фундамента позднеархейского возраста, а также Тындинский (40–130 км) и Уньюхинский (175–250 км) блоки интрузий юрского возраста [14, 15]. Явную обособленность приповерхностных геологических комплексов в глубинных сейсмических построениях (см. рис. 7) проследить не удастся.

В целом на данном участке профиля 8-ДВ в верхней части разреза отмечается плавное увеличение скорости продольных волн от 5,7 км/с у поверхности до 6,0–6,1 км/с на глубинах 2–3 км. На глубинах 10–20 км в разрезе выделяются высокоскоростные вертикальные блоки со скоростью 6,4–6,45 км/с (в пределах Иликанского и Уньюхинского комплексов) и более высокоскоростные блоки (до 6,55–6,6 км/с) в пределах Улаханского метаморфического блока (см. рис. 7). Эти высокоскоростные блоки в верхней части коры, по-видимому, являются причиной повышенной скорости продольных волн во всей толще земной коры на данном участке – 6,5 км/с (см. рис. 5, в, рис. 7). Мощность земной коры на данном участке составляет в целом 40 км; локальный подъем границы М до 37 км отмечается в центральной части Тындинского блока и в Улаханском блоке. Сильная дифференциация в западной части Восточно-Станового фрагмента профиля 8-ДВ отмечается по значениям скорости продольных волн по границе М (см. рис. 7). В начальной части профиля они понижены до 7,9–8,0 км/с, а в центральной части высокоскоростного блока в коре (140–250 км) повышены до 8,3–8,5 км/с (см. рис. 7).

Юго-западная часть Восточно-Станового фрагмента профиля 8-ДВ находится в пределах Амурской складчатой области (см. рис. 1). Последняя,

СЕЛЕНГИНО-СТАНОВАЯ СКЛАДЧАТАЯ ОБЛАСТЬ
ВОСТОЧНО-СТАНОВАЯ СКЛАДЧАТО-БЛОКОВАЯ СИСТЕМА

№ 4(44) ♦ 2020

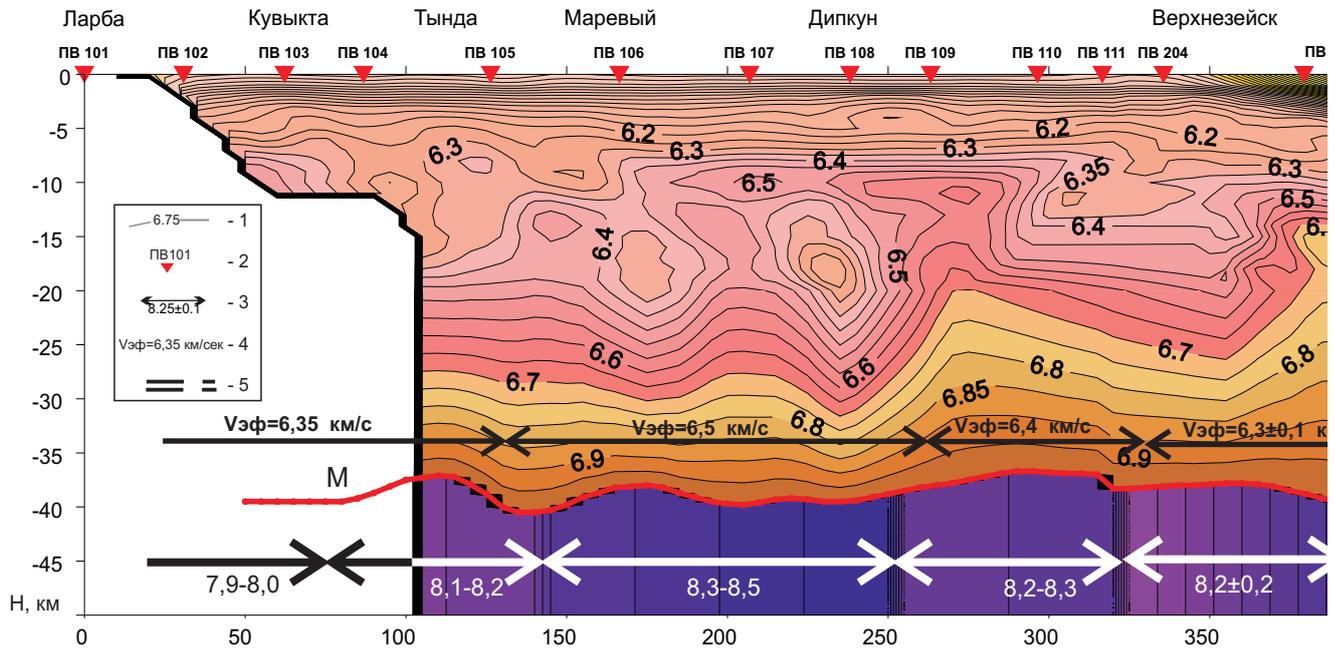


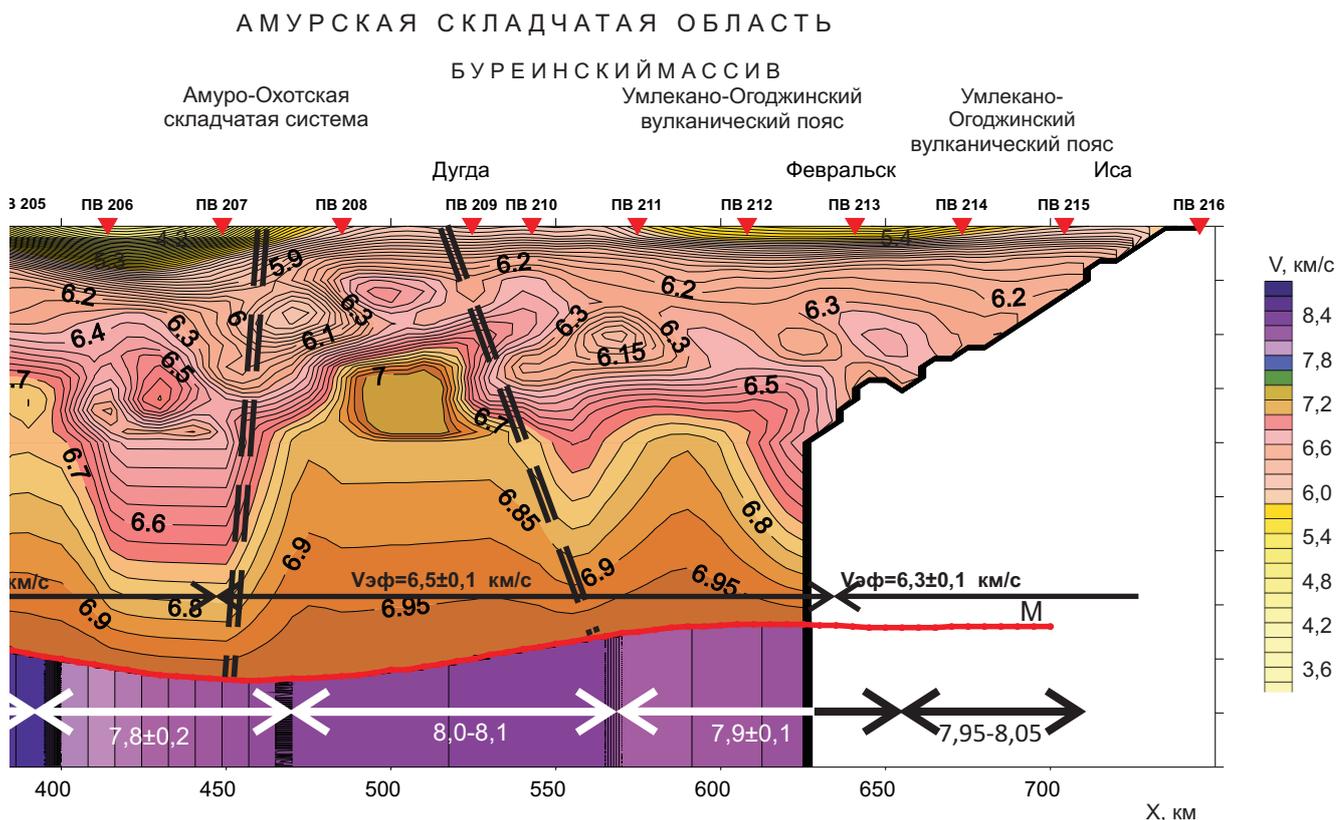
Рис. 7. Сводный глубинный сейсмический разрез по Восточно-Становому фрагменту профиля 8-ДВ

1 – изолинии скорости; 2 – источники возбуждения; 3 – граничная скорость по поверхности Мохоровичича; 4 – эффективная скорость в земной коре; 5 – разломы

согласно принятой модели в [7], «сформирована в ходе последовательных столкновений: в поздней юре – Сибирской и Амурской палеоплит, включает континентальные блоки и межблоковые зоны, выполненные образованиями мощных аккреционных призм». От Селенгино-Становой складчатой области Амурская отделена Амуро-Охотской складчатой системой (см. рис. 1) или восточной ветвью Монголо-Охотского шва [7]. В краевых частях шва по [14, 15] картируются Джелтулакский и Северо-Тукурингрский и Южно-Тукурингрский (≈ 460 км и ≈ 520 км на рис. 7 соответственно) разломы глубинного заложения. Джелтулакский и Северо-Тукурингрский разломы маркируют область сочленения Амурской и Селенгино-Становой складчатых областей. По границе М здесь отмечается сильное понижение граничной скорости – до 7,8 км/с (см. рис. 6, б, рис. 7). Локальное понижение скорости продольных волн (до 6,2–6,3 км/с) отмечается на данном участке в целом во всей толще земной коры. Подобные аномалии в глубинном строении зон сочленения крупных тектонических структур были отмечены ранее на профиле 2-ДВ в зоне сочленения Охотоморской и Северо-Американской плит [2, 4] и в зоне сочленения Евразийской и Охотоморской плит на профиле 3-ДВ [11]. Понижение граничной скорости по поверхности Мохоровичича на профиле 8-ДВ, как и установленное ранее на профилях 2-ДВ и 3-ДВ, может быть связано с переработкой субстрата земной коры, что привело к понижению скорости продольных волн

по поверхности Мохоровичича. Уменьшение средних и эффективных скоростей во всей толще земной коры в зоне сочленения крупных тектонических областей может свидетельствовать о большой раздробленности структур земной коры.

Границу юго-восточного ограничения Амуро-Охотской складчатой системы и сочленения с крупным Буреинским массивом Амурской складчатой области маркирует Южно-Тукурингрский разлом (см. рис. 7). Вблизи плоскости разлома в земной коре Амуро-Охотской складчатой системы выделяется высокоскоростной блок со значениями скорости от 6,45 км/с на глубине 5–7 км до 7,0 км/с на глубине 20–25 км (см. рис. 7). Можно предположить, что по данному глубинному разлому происходило внедрение в кору высокоскоростных тел из ее низов. В центральной части Буреинского массива по границе М также отмечается понижение скорости продольных волн до 7,9 км/с, что может быть обусловлено изменением (расплавом) границы перехода кора – мантия в области Умлекано-Огоджинского вулканического пояса, отмеченного на данном участке. Подобное понижение скорости продольных волн по границе М фиксировалось ранее при работах ГСЗ в области сочленения Охотско-Чукотского вулкано-генного комплекса с Кони-Мургалской складчатой системой на профиле 2-ДВ [4] и Охотско-Чукотского вулкано-генного комплекса с Амгуэмской шовной зоной на профиле 2-ДВ-А [4]. В верхней части коры по геологическим и геоморфологическим данным



в створе юго-восточного участка Восточно-Станового фрагмента профиля 8-ДВ выделяются Верхнезейская (340–430 км), Амуро-Зейская (560–680 км) впадины и Туранский блок (680–740 км). Последний, как и Ларбинский блок, не характеризуется ввиду малой представительности глубинного разреза. В центральной части Верхнезейской впадины мощность осадочных отложений достигает 5 км (см. рис. 7). На глубинах 15–20 км отмечается появление линз высокоскоростных (до 6,5–6,6 км/с) пород. С северо-запада на юго-восток в створе профиля отмечается локальное погружение поверхности Мохоровичича от 37 до 42 км (см. рис. 7). Эффективная скорость в земной коре понижена до 6,3 км/с. В центральной части Верхнезейской впадины граничная скорость по границе М изменяется от нормальных значений (8,2 км/с) до пониженных (7,8 км/с) (см. рис. 7). Глубинное строение в пределах Амуро-Зейской впадины схоже с рассмотренным ранее строением под Верхнезейской впадиной: выделяется мощная (2–2,5 км) толща осадочных отложений; на глубинах 15–20 км отмечается появление линз высокоскоростных (до 6,6–6,7 км/с) пород; мощность земной коры составляет 37–38 км; эффективная скорость в земной коре в юго-восточной части впадины понижена до 6,2–6,3 км/с; граничная скорость по поверхности Мохоровичича понижена до 7,9 км/с (см. рис. 7).

Выводы

Установлены особенности глубинного строения по сейсмическим данным в пределах Восточно-Станового фрагмента опорного геофизического профиля 8-ДВ. Поверхность Мохоровичича распо-

ложена на глубинах 37–42,5 км. Граничная скорость продольных волн по границе М в целом изменяется от 7,8–8,1 до 8,3–8,5 км/с. Эффективная скорость распространения сейсмических волн в земной коре составляет 6,3–6,5 км/с.

По данным анализа рефрагированных волн отмечается неоднородное строение самой верхней и средней частей земной коры глубиной первые километры. Наиболее высокими значениями скорости продольных волн в верхней части коры на профиле характеризуются участки высокогорных хребтов и плоскогорий; наиболее низкие (3–5 км/с) установлены в зоне Верхнезейской и Амуро-Зейской впадин. На глубинах 10–15 км скорости продольных волн в целом по профилю возрастают до 6,20–6,30 км/с; на ряде участков Восточно-Станового фрагмента профиля в данном интервале глубин выделяются локальные высокоскоростные неоднородности – 6,4–6,6 и даже 7,0 км/с.

Результаты выполненных исследований согласуются с результатами глубинных сейсмических исследований прошлых лет на профилях р. Зей – р. Селемджа – р. Буряя (ГСЗ, 1985 г.) и 3-ДВ (Южный участок, 2009 г.).

Сопоставлены установленные особенности сейсмического строения на профиле 8-ДВ с тектоникой региона. Значительные сейсмические неоднородности в земной коре и мантии коррелируют с Амуро-Охотской складчатой системой (или восточной ветвью Монголо-Охотского шва) в зоне сочленения крупных тектонических структур Центрально-Азиатского складчатого пояса – Селенга-Становой и Амурской складчатых областей.



Полученная новая информация о детальном распределении скоростей в земной коре и верхней мантии дает дополнительные сведения, позволяющие по-новому взглянуть на историю образования и развития данного региона, что весьма важно при решении задачи генезиса и размещения месторождений полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Глубинное** строение земной коры и верхней мантии Северо-Восточной Евразии / С. Н. Кашубин, О. В. Петров, Е. Д. Мильштейн и др. // Региональная геология и металлогения – 2018. – № 76. – С. 9–21.

2. **Глубинное** строение области сочленения Евро-Азиатской, Северо-Американской и Охотоморской континентальных плит / В. М. Соловьев, А. С. Сальников, С. В. Шibaев и др. // Тез. докл. Всерос. конф. с междунар. участием «50-летие сейсмологического мониторинга Сибири». – Новосибирск: Полиграфика, 2013. – С. 209–213.

3. **Глубинное** строение области сочленения Центрально-Азиатского складчатого пояса и Сибирской платформы по данным глубинных сейсмических исследований в сечении профиля 3-ДВ (Сковородино – Томмот) / А. С. Сальников, А. С. Ефимов, В. М. Соловьев, А. Ф. Еманов // Матер. Всерос. конф. «Тектоника, магматизм и геодинамика востока Азии. VII Косыгинские чтения». – Хабаровск, 2011. – С. 306–309.

4. **Глубинные** вибросейсмические исследования на Дальнем Востоке России / В. С. Селезнев, В. М. Соловьев, А. Ф. Еманов и др. // Проблемы информатики. – 2013. – № 3. – С. 30–41.

5. **Государственная** сеть опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин / Ю. М. Эринчек, А. В. Липилин, Р. Б. Сержантов и др. // Сб. докл. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию акад. Н. Н. Пузырева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С. 282–288.

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

7. **Егоров А. С.** Особенности глубинного строения и вещественного состава структур земной коры континентальной части территории России // Зап. Горного ин-та. – 2015. – Т. 216. – С. 13–30.

8. **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 и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 4. – С. 74–86.

9. **Мишенькин Б. П., Мишенькина З. Р., Анненков В. В.** Глубинное сейсмическое зондирование на Буреинском массиве // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 98–107.

10. **Модель** формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Пар-

фенов, Н. А. Берзин, А. И. Ханчук и др. // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.

11. **Особенности** сейсмического строения области сочленения Евразийской и Охотоморской плит на востоке России (в створе опорного профиля 3-ДВ) / В. М. Соловьев, В. С. Селезнев, А. С. Сальников // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 11. – С. 2044–2058.

12. **Пузырев Н. Н.** Структурная сейсмология. Избранные труды. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 427 с.

13. **Пузырев Н. Н., Крылов С. В., Мишенькин Б. П.** Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований. – Новосибирск: Наука, 1975. – 158 с.

14. **Структура** и эволюция земной коры области сочленения Центрально-Азиатского складчатого пояса и Сибирской платформы: профиль Сковородино – Томмот / А. Н. Диденко, А. С. Ефимов, П. А. Нелюбов и др. // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 10. – С. 1583–1599.

15. **Тектоника**, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов: объяснительная записка к тектонической карте масштаба 1:1 500 000 / Л. П. Карсаков, Чжао Чуньзин, М. В. Горошко и др. – Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2005. – 264 с.

REFERENCES

1. Kashubin S.N., Kashubin S.N., Petrov O.V., et al. [Deep structure of the Earth's crust and upper mantle in the Northeastern Eurasia]. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya – Regional geology and metallogeny*, 2018, no. 76, pp. 9–21 (In Russ.).

2. Solovyev V.M., Salnikov A.S., Shibaev S.V., et al. [Deep structure of the junction area of the Eurasian, North American and Okhotomorsk continental plates]. *Tezisy dokladov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "50-letiyе seysmologicheskogo monitoringa Sibiri"* [Scientific All-Russian Conference abstracts with international participation "50th anniversary of seismological monitoring of Siberia"]. Novosibirsk, Poligrafika Publ., 2013, pp. 209–213. (In Russ.).

3. Salnikov A.S., Efimov A.S., Solovyev V.M., Emanov A.F. [Deep structure of the junction area of the Central-Asian fold belt and Siberian Platform based on data of deep seismic investigations in the 3DV profile contour interval]. *Materialy vserossiyskoy konferentsii "Tektonika, magmatizm i geodinamika vostoka Azii. VII Kosyginские чтения"* [Materials of All-Russian Conference "Tectonics, magmatism and geodynamics of the Asian East. 7th readings of Kosygin]. Khabarovsk, 2011, pp. 306–309. (In Russ.).

4. Seleznev V.S., Solovyev V.M., Emanov A.F., et al. [Deep vibroseis survey in the Far East of Russia]. *Problemy Informatiki – Problems of Informatics*, 2013, no. 3, pp. 30–41. (In Russ.).

5. Erinchek Yu.M., Lipilin A.V., Serzhantov R.B., et al. [National network of geological and geophysical survey base lines, parametric and superdeep wells]. *Sborn-*



ik dokladov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu akademika N.N.Puzyreva [Geophysical methods of crust studies: proceedings of the Russian conference, dedicated to the 100th anniversary of academician N.N.Puzyrev. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2014, pp. 282–288. (In Russ.).

6. Krylov S.V., Mishenkin B.P., Mishenkina Z.R., et al. *Detalnye seismicheskiye issledovaniya litosfery na P- i S-volnakh* [Detailed seismic studies of lithosphere at P- and S-waves]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1993. 199 p. (In Russ.).

7. Egorov A.S. [Deep structure and composition characteristics of the continental Earth's crust geostuctures on the Russian Federation territory]. *Zapiski Gornogo Insituta – Journal of Mining institute*, 2015, vol. 216, pp. 13–30. (In Russ.).

8. Solovyev V.M., Seleznev V.S., Salnikov A.S., et al. [Effective seismic models of media used in DSS operations on survey base lines in Eastern Russia. *Geologiya i mineralny-syryyevye resursy Sibiri – Geology and mineral resources of Siberia*, 2014, no. 4, pp. 74–86. (In Russ.).

9. Mishenkin B.P., Mishenkina Z.P., Annenkov V.V. [Deep seismic sounding on the Bureya massif]. *Geologiya i geofizika*, 1987, no. 10, pp. 98–107. (In Russ.).

10. Parfenov B.P., Parfnov L.M., Berzin N.A., et al. [A model for the formation of orogenic belts in Central and Northeast Asia]. *Tikhookeanskaya geologiya – Russian journal of Pacific geology*, 2003, vol. 22, no. 6, pp. 7–41. (In Russ.).

11. Solovyev V.M., Seleznev V.S., Salnikov A.S., et al. Deep seismic structure of the boundary zone between the Eurasian and Okhotsk plates in eastern Russia (along the 3DV deep seismic sounding profile). *Russian Geology and Geophysics*, 2016, vol. 57, no. 11, pp. 1613–1625.

12. Puzyrev N.N. *Strukturnaya seysmologiya. Izbrannye trudy* [Geotectonic seismology. Selected works]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2009. 427 p. (In Russ.).

13. Puzyrev N.N., Krylov S.V., Mishenkin B.P. *Metodika rekognostirovochnykh glubinnykh seismicheskikh issledovaniy* [Technique of reconnaissance hypogene seismic investigations]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975. 158 p. (In Russ.).

14. Didenko A.N., Efimov A.S., Nelyubov P.A., et al. Structure and evolution of the Earth's crust in the region of junction of the Central Asian Fold Belt and the Siberian Platform: Skovorodino – Tommot Profile. *Russian Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, no. 10, pp. 1236–1249.

15. *Tektonika, glubinnoye stroeniye, metallogeniya oblasti sochleneniya Tsentralno-Aziatskogo i Tikhookeanskogo poyasov. Obyasnitelnaya zapiska k tektonicheskoy karte masshtaba 1:500 000* [Tectonics, deep structure, metallogeny of the Central Asian-Pacific belts junction area. Explanatory notes to the tectonic map scale of 1:1 500 000 Tectonics, deep structure, metallogeny of the junction area of the Central Asian and Pacific belts]. Vladivostok, Khabarovsk, Far-Eastern Branch of RAS Publ., 2005. 264 p. (In Russ.).

© В. М. Соловьев, А. С. Сальников, В. С. Селезнев, Т. В. Кашубина, Н. А. Галёва, 2020