

УДК 550.834.

## **К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН НА ОПОРНЫХ ПРОФИЛЯХ НА ВОСТОКЕ РОССИИ**

### ***Виктор Михайлович Соловьев***

Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, заместитель директора; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

### ***Виктор Сергеевич Селезнев***

Геофизическая служба СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, директор; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.sbras.ru

### ***Александр Сергеевич Сальников***

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

### ***Алексей Владимирович Лисейкин***

Геофизическая служба СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геофизик, тел. (383)333-25-35, e-mail: lexik@ngs.ru

### ***Анастасия Евгеньевна Шенмайер***

Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)330-75-68, e-mail: shen@gs.nsc.ru

Представлены материалы глубинных сейсмических исследований на опорных профилях на Востоке России. Показано, что от взрывов и мощных вибрационных источников на вертикальных и горизонтальных приборах устойчиво регистрируются поперечные волны от опорных границ в земной коре и поверхности Мохоровичича. По данным разнополяризованных S-волн установлена анизотропия упругих свойств верхней части земной коры, связанная с зонами трещиноватости. Даны глубинные сейсмические разрезы по данным S-волн и освещены вопросы использования поперечных волн при картировании рудных узлов.

**Ключевые слова:** профили ГСЗ, поперечные волны, анизотропия, отношения скоростей P- и S-волн, глубинный сейсмический разрез на P-и S-волнах.

## **TO USAGE OF TRANSVERSE WAVES ON BASE LINES IN EASTERN RUSSIA**

### ***Victor M. Solovyev***

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Deputy Director; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Ph. D., Researcher, tel. (383)330-75-68, e-mail: solov@gs.nsc.ru

**Victor S. Seleznev**

Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Director; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Doctor of Science, tel. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

**Alexander S. Salnikov**

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Doctor of Science, Head of Seismic Prospecting Department, e-mail: seispv@sniiggims.ru

**Alexey V. Liseikin**

Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, candidate of geological-mineralogical Sciences, senior geophysicist, tel. (383)333-25-35, e-mail: lexik@ngs.ru

**Anastasia E. Shennmayer**

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, junior researcher, tel. (383)330-75-68, e-mail: shennastya@gs.nsc.ru

Materials of deep seismic investigations on the base lines in the East of Russia are presented in the paper. There is shown, that transverse waves from the boundaries in the Earth's crust and the Moho have been recorded on vertical and horizontal instruments from explosions and high-power vibration sources. On data of heteropolar S-waves there was determined anisotropy of elastic properties of the upper part of the Earth's crust, connecting with zones of jointing. There are given deep seismic cross-sections on data of S-waves, there are took up questions of transverse waves usage at mapping of different junctions.

**Key words:** DSS profiles, transverse waves, anisotropy, P- and S-waves ratio, deep seismic cross-sections on P- and S-waves.

Прирост минерально-сырьевой базы России в настоящее время связывается с освоением минерагенических провинций Сибири и Востока России [1, 2]. В последнее десятилетие здесь реализуются крупные проекты по геолого-

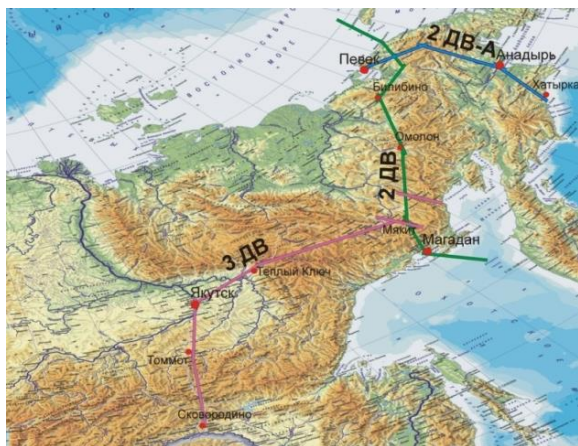


Рис. 1. Глубинные сейсмические исследования на опорных профилях на Востоке России

геофизическому изучению территорий. Так, с 2001 года Роснедра выполняются комплексные геолого-геофизические исследования на сети опорных профилей: 2-ДВ, 2-ДВ-А, 3-ДВ (рис. 1). В задачу каждого реализуемого метода на профилях (ОГТ, КМПВ, ГСЗ, МТЗ и др. [1, 3]) входит наиболее полное извлечение информации о глубинных структурах земной коры и верхней мантии. Ниже освещены вопросы использования поперечных волн при работах (ГСЗ) на опорных профилях.

Работы ГСЗ на опорных профилях выполняются по методике точечных дифференциальных сейсмических зон-

дирований [4]. На большей части опорных профилей реализованы достаточно плотные системы наблюдений из источников и приемников. Расстояния между источниками (взрывы массой 3–6 тонн, мощные вибраторы) составляли в среднем 15–30 км, между регистрирующими станциями (РОСА, Байкал) – в среднем 4–5 км с группами вертикальных приборов СВ-5 и 20 км – с трехкомпонентными приборами GS-20DX. Дальность регистрации на ряде участков достигала 300–400 км.

Анализ волновых полей на большинстве профилей показал, что за полем продольных волн менее уверенно на вертикальных и 3-х компонентных приборах выделяется поле поперечных аналогов (рис. 2).

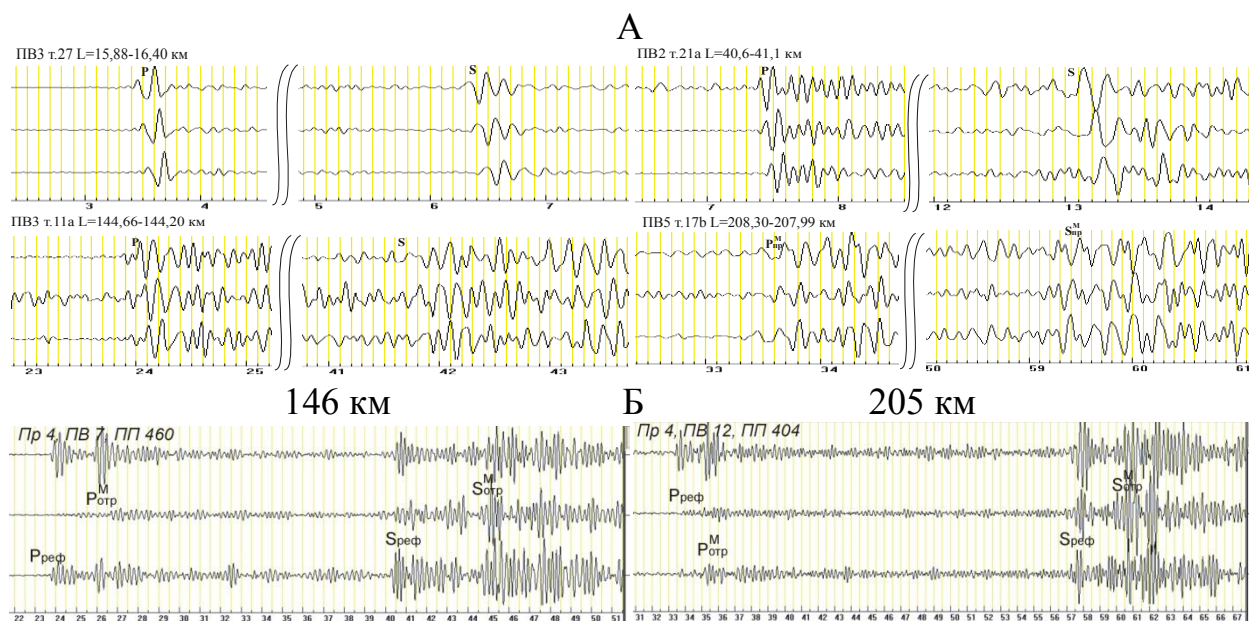


Рис. 2. Примеры S-волн на вертикальных (А) и 3-компонентных (Б) приборах

Наиболее представительный материал получен по данным преломленных (рефрагированных) поперечных волн от границ в земной коре и отраженным S-волнам от поверхности Мохоровичича. Поперечные волны лучше выражены при возбуждении и регистрации в высокогорных участках профилей и слабо выделяются на низкоскоростных участках. По сравнению с продольными волнами S-волны имеют пониженные в 1.5–2 раза времена регистрации, видимые частоты и кажущиеся скорости на сейсмограммах. По интенсивности они в значительной части записей соизмеримы соответствующим им аналогам поля продольных волн и даже превосходят их (рис. 2). Основной экспериментальный материал по S-волнам получен по записям с вертикальных приборов. Трехкомпонентные записи использовались как опорные при интерпретации поля S-волн на вертикальных приборах и анализировались на предмет выявления анизотропии упругих свойств среды. С этой целью выполнялась специальная обработка трехкомпонентных записей: определение параметров оптимальной фильтрации;

пересчитывание на направления P-, SH- и SV-составляющие. В результате пересчета сейсмограммы на направления P-, SH- и SV (которые определялись по поляризации P-волны) происходит «расщепление» группы S-волны на SH- и SV-составляющие, разделяющиеся или не разделяющиеся по временам регистрации.

По ряду хороших записей была проведена корреляция и построены редуцированные годографы поперечных преломленных (рефрагированных) волн от границ в земной коре и поверхности Мохоровичича и поперечных отраженных волн от поверхности Мохоровичича. Интерпретация данных S-волн на участках с отсутствием анизотропии упругих свойств выполнялась традиционными в ГСЗ способами, как и по данным продольных волн [1–4]. По данным рефрагированных S-волн строились томографические разрезы земной коры; по данным преломленных и отраженных поперечных волн от границы М- определялись средние (эффективные) скорости S-волн в земной коре, положение поверхности Мохоровичича и распределение воле нее значений скоростей S-волн. Результаты интерпретации данных P- и S-волн на одном из фрагментов профиля 3ДВ представлены на рис. 3.

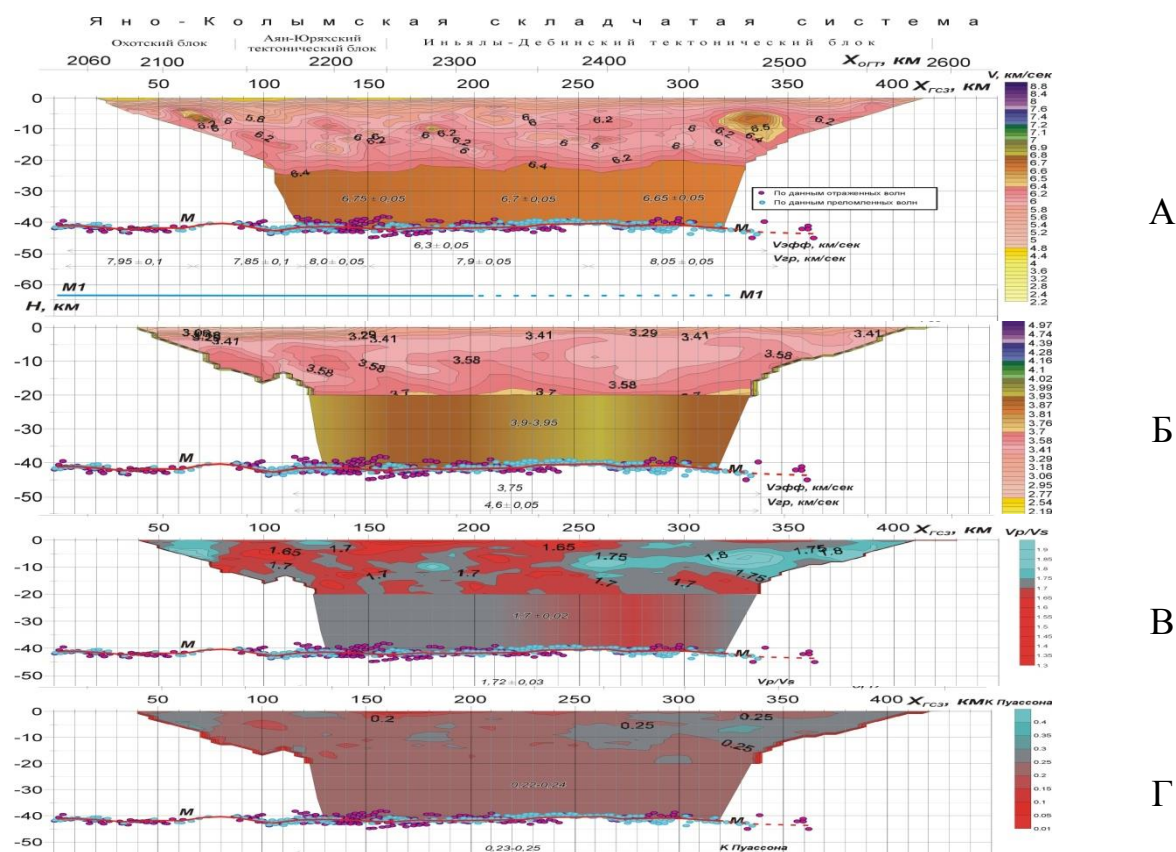


Рис. 3. Результаты интерпретации P- и S-волн на профиле 3-ДВ (участок п. Бугуях – п. Оротукан). А, Б – глубинные сейсмические разрезы на P- и S-волнах, В, Г – отношение  $V_p/V_s$  и распределение значений коэффициента Пуассона ( $\sigma$ ) в земной коре и поверхности Мохоровичича

Сейсмические разрезы на Р- и S-волнах и их вторичные образы (отношения  $V_p/V_s$ , распределение коэффициента Пуассона) дают более полное представление о неоднородном строении тектонических блоков Яно-Колымской складчатой системы. По Р- и S-волнам выделяются зоны пониженных значений скоростей в самой верхней части разреза в пределах Охотского и Аян-Юрхского тектонических блоков. Чрезвычайно неоднородная по данным Р- и S-волн оказалась верхняя кора на глубинах 5–20 км. В нижней части разреза скорости Р- и S-волн составляют 6.65–6.75 км/с и 3.9–3.95 км/с и по границе М 7.85–8.05 км/с и  $4.6 \pm 0.05$  км/с соответственно. По соотношению скоростей Р- и S-волн в земной коре исследуемого профиля явно выделяются значительные участки пониженных значений отношений  $V_p/V_s$  (в 1.60–1.70). Вообще центральная часть профиля 3-ДВ отмечается пониженными значениями отношений  $V_p/V_s$  в целом во всей земной коре, что связывается исследователями с повышенной раздробленностью земной коры в широкой зоне сочленения трех крупных континентальных плит (Евразийской, Северо-Американской и Охотоморской) [2]. Аналогично отношению скоростей Р- и S-волн (но менее контрастно) на рис. 3Г ведут себя значения коэф. Пуассона.

Установленное на ряде участков опорных профилей различие времен регистрации SV- и SH- составляющих (достигающее 0.5 с) свидетельствует об анизотропии упругих свойств среды. Отмечено это различие времен SV- и SH-волн в основном на небольших удалениях от источников (~20–80 км). Отношения  $T_{sh}/T_{sv}$ , определенные по полным временам пробега волн от источника к регистрирующей станции, составили 1.01–1.05. Учитывая, что лучи SV- и SH-волн распространяются неглубоко на данных удалениях, полученная кажущаяся анизотропия может относиться к верхней части земной коры. Была установлена корреляция выявленной анизотропии с зонами крупных разломов. Причиной возникновения анизотропии в этих зонах, по мнению исследователей, являются мощные зоны упорядоченной трещиноватости в зонах разломов в верхней части земной коры.

На опорных профилях на Востоке России проводился анализ связи скоростных аномалий продольных и поперечных волн с известными и потенциальными рудопроявлениями. По соотношению времен регистрации Р- и S-волн на малых удалениях ( $t_s/t_p$ ) отношению скоростей продольных и поперечных волн ( $V_p/V_s$ ) и коэффициента Пуассона в верхней части разреза на профилях 2-ДВ, 2-ДВ-А и 3-ДВ был выделен ряд явно выраженных участков с пониженными (менее 1.70) значениями отношений  $t_s/t_p$ ,  $V_p/V_s$  и коэффициента Пуассона менее 0.25. Практически все из них совпали с известными зонами рудопроявлений. Прежде всего это участки, в пределах которых размещены месторождения золота. Гранитоиды, в которых размещены золотоносные кварцевые жилы, являются причиной пониженных здесь отношений скоростей ( $V_p/V_s$ ) и коэффициента Пуассона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сальников А. С., Ефимов А. С., Кузнецов В. Л., Еманов А. Ф., Соловьев В. М., Селезнев В. С. Глубинное строение земной коры северо-востока Евразии по данным глубинного сейсмического зондирования // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. - 2014. - Т. 2 - С.62–66.
2. Глубинные сейсмические исследования на субширотном трансекте Хандыга-Сусуман-Мякит в области сочленения Евразийской, Северо-Американской и Охотоморской континентальных плит / В. М. Соловьев, А. С. Сальников, В. Ю. Тимофеев, С. В. Шибачев, А. В. Лисейкин, А. Е. Шенмайер // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 3. – С. 61–67.
3. Соловьев В.М., Селезнев В.С., Сальников А.С., Т.В. Кашубина Т.В., Шенмайер А.Е. Использование эффективных сейсмических моделей сред при работах ГСЗ на опорных профилях в Восточной части России // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. - 2014. - Т. 4, № 4. - С. 74–86.
4. Крылов С.В., Мишенькин Б.П., Мишенькина З.Р., Петрик Г.В., Сергеев В.Н., Шелудько И.Ф., Тен Е.Н., Кульчинский Ю.В., Мандельбаум М.М., Селезнев В.С., Соловьев В.М., Суворов В.Д.. Детальные сейсмические исследования литосферы на Р- и S-волнах. - Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма, 1993. - 199 с.

© В. М. Соловьев, В. С. Селезнев, А. С. Сальников,  
А. В. Лисейкин, А. Е. Шенмайер, 2015