

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕСЧЕТА ГОЛОВНЫХ ВОЛН НА ЦЕНТРАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ПРОФИЛЯ 3-ДВ (РЕСПУБЛИКА ЯКУТИЯ) ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ГРАНИЦ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ**

*Павел Олегович Полянский*

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Геофизической службы СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, аспирант, тел. (913)894-5139, e-mail: PPavel6.10@gmail.com

*Александр Сергеевич Сальников*

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

*Александр Федорович Еманов*

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Геофизической службы СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, директор, тел. (383)333-27-08, e-mail: emanov@gs.nsc.ru

В работе рассмотрены результаты обработки сейсмических данных головных волн, зарегистрированных на интервале 1 260–1 415 км Центрального участка опорного геофизического профиля 3-ДВ (Республика Якутия). С помощью метода динамического пересчета головных волн получены временные разрезы головных волн, а также сейсмограммы ОПВ для головных волн. По временным разрезам сделаны оценки граничных скоростей продольных головных волн. В пределах рассматриваемого в статье интервала граничные скорости продольных головных волн изменяются в пределах 4–6,2 км/с. Преломляющая граница, которой соответствует низкоскоростная (4–4,2 км/с) головная волна, представляет собой геологическую границу в осадочном чехле. Преломляющая граница, которой соответствует высокоскоростная (5,9–6,2 км/с) головная волна, представляет собой кровлю кристаллического фундамента. Глубина залегания границы в осадочном чехле составляет 1,3–1,4 км. Глубина залегания кровли фундамента колеблется в пределах 1,7–2 км.

**Ключевые слова:** головные волны, сейсмический профиль 3-ДВ, фильтр Винера, временные разрезы головных волн.

## **APPLICATION OF DYNAMIC CONVERSION OF HEAD WAVES ON CENTRAL PART OF SEISMIC LINE 3-DV (YAKUTIA) FOR RESEARCH OF REFRACTION BOUNDARIES ON THE UPPER PART OF THE EARTH CRUST**

*Pavel O. Polyansky*

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptug Prospect 3, Junior Research Associate; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Russia, 630090, Novosibirsk, Koptug Prospect 3, Ph. D. student, tel. (952)905-27-23, e-mail: PPavel6.10@gmail.com

*Alexander S. Salnikov*

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

*Alexander F. Emanov*

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptyug Prospect 3, Doctor of Science, Director, tel. (383)333-27-08, e-mail: emanov@gs.nsc.ru

Results of processing of head waves seismic data are considered in the article. The data were obtained inside the interval of 1260-1415 km of Central part of seismic line 3-DV (Yakutia rep.). Common-source seismograms of head waves and time sections of head waves were obtained with the method of dynamic conversion of head waves. With the analysing of time sections, boundary velocities estimations of P-head waves were made. Inside the interval is considered in the article, boundary velocities of P-head waves are varying on interval of 4–6,2 km/s. Refraction boundary corresponding to low-velocity (4–4,2 km/s) head wave may be geological boundary in sedimentary section. Refraction boundary corresponding to high-velocity (5,9–6,2 km/s) head wave may be a roof of crystalline basement. Depth of boundary in sedimentary section is in interval of 1,3–1,4 km. Depth of crystalline basement is in interval of 1,7–2,0 km.

**Key words:** Head waves, seismic line 3-DV, Wiener's filter, time sections of head waves.

Представленная статья посвящена результатам автоматизированной обработки сейсмических данных головных волн с помощью метода динамического пересчета [1]. Данные были получены при проведении полевых работ ГПП «СПЕЦГЕОФИЗИКА» на Центральном участке профиля 3-ДВ (примечание – здесь и далее расстояние отсчитываем от южного края профиля 3-ДВ, характеризующегося отметкой 0 км). Центральный участок профиля 3-ДВ расположен между отметками 700 км и 1415 км. Центральный участок профиля 3-ДВ целиком расположен в пределах Сибирской платформы.

Эта статья непосредственно связана с работой [4], где описаны результаты обработки данных головных волн с помощью метода динамического пересчета, зарегистрированных на Северо-Западном участке профиля 3-ДВ (расположен между отметками 1400 км и 2100 км). Отметим, что Северо-Западный участок профиля 3-ДВ пересекает зону сочленения Сибирской платформы и Верхояно-Колымской складчатой области.

На рис. 1 приведена геологическая карта Центрального участка профиля 3-ДВ.

Одним из немногих методов динамической обработки данных головных волн, полученных по системе многократных перекрытий, является динамический пересчет, основы которого заложены Крыловым С.В. и Сергеевым В.Н. в [3], усовершенствованный Емановым А.Ф. и Селезневым В.С. в [1]. Метод динамического пере-

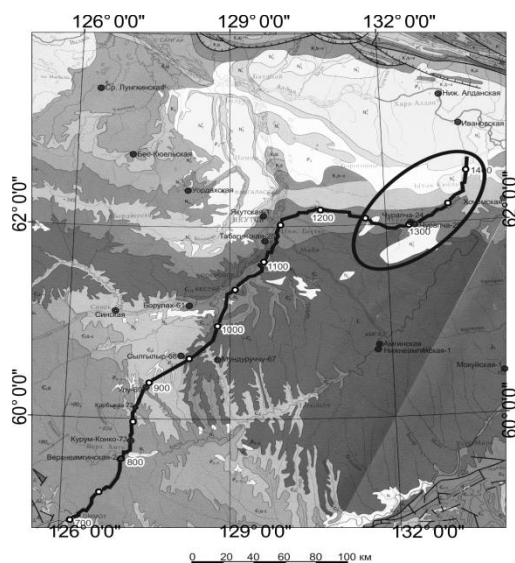


Рис. 1. Фрагмент геологической карты России [2]. Черная ломаная линия – Центральный участок профиля 3-ДВ. Черным овалом показан интервал профиля 1 260–1 415 км, рассматриваемый в статье

счета головных волн основан на предположении о том, что изучаемая среда, на поверхности которой расположены источники и приемники колебаний, рассматривается как линейная система, свойства которой полностью определяются ее спектральной характеристикой.

Такая методика позволяет выделять из первичного волнового поля волновые поля головных волн и кратных головных волн и пересчитывать их как в динамические временные разрезы, так и в сейсмограммы ОПВ. В рамках данного метода временным разрезом по головной волне на заданной базе обобщенной плоскости наблюдений (рис. 2) является набор трасс  $L_p = \text{const}$ , на котором присутствуют только волны с параллельными нагоняющими годографами. Под термином “база” в рамках метода динамического пересчета головных волн условимся называть не интервал удалений, а фиксированное значение удаления источник-приемник, присущее точке (1) обобщенной плоскости (рис. 2). На рис. 2 маленькими черными стрелками показаны шаги последовательного пересчета волнового поля в точку (1).

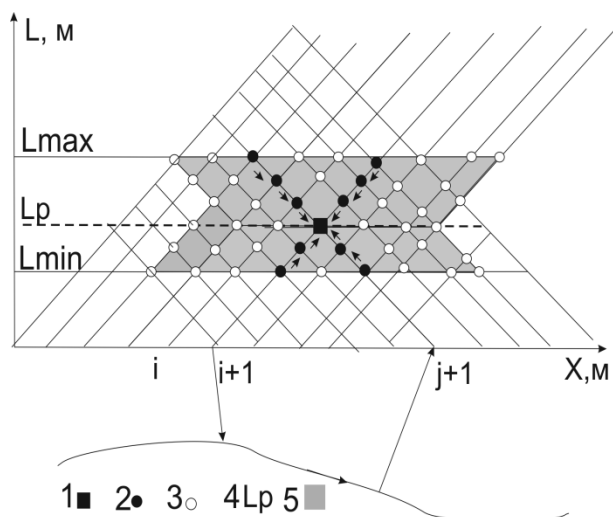


Рис. 2. Лучевая схема головной волны и схематическое изображение области полезной информации для пересчета головных волн:

1 – точка, в которую производится пересчет волнового поля; 2 – точки, из которых пересчитываем волновое поле; 3 – точки, используемые для построения фильтров пересчета, 4 – база пересчета, 5 – область информации, используемой для пересчета волнового поля в точку обобщенной плоскости  $(i+1, j+1)$ :

$$M | F_{i+1,j+1}(\omega) - \hat{F}_{i,j+1}(\omega) \cdot h_{opt}(\omega) |^2 = \min \Rightarrow h_{opt}(\omega) = \frac{M [ F_{i+1,j+1}(\omega) \hat{F}_{i,j+1}^*(\omega) ]}{M | \hat{F}_{i,j+1}(\omega) |^2}$$

$$\Rightarrow \hat{F}'_{i+1,j+1}(\omega) = \hat{F}_{i,j+1}(\omega) \frac{\sum_b [ \hat{F}_{i+1,j+1+b}(\omega) \hat{F}_{i,j+1+b}^*(\omega) ]}{\sum_b | \hat{F}_{i,j+1+b}(\omega) |^2}$$

В рамках исследования, описанного в статье, были построены временные разрезы на базах 5000, 6000 и 7000 м по интервалу профиля 1260-1415 км, а также сейсмограммы ОПВ для головных волн.

На рис. 3, *а* и рис. 3, *б* приведены результаты динамического пересчета волнового поля в сейсмограммы ОПВ для головных волн.

В связи с большой протяженностью профиля волновое поле головных волн на протяжении Центрального участка профиля 3-ДВ претерпевает значительные изменения.

На рис. 3, *а* черной сплошной линией (1) на удалениях, превышающих 1500 м, показана область прослеживания (далее – о.п) продольной преломленной волны первых вступлений, а в интервале удалений 4500-9000 м от источника белым пунктиром (2) отображена о.п продольной кратной преломленной волны от этой же преломляющей границы.

Волновое поле, показанное на рис. 3, *б*, более сложное, чем волновое поле, приведенное на рис. 3, *а*: черной сплошной линией (1) показана о.п продольной преломленной волны, прослеживаемой в первых вступлениях на удалениях от источника, превышающих 4000 м.

Черным пунктиром (2) показана о.п продольной преломленной волны, прослеживаемой в первых вступлениях в диапазоне удалений 3000-4000 м. На удалениях от источника, превышающих 4000 м, эта волна прослеживается уже в последующих вступлениях. Поэтому, вероятно, волна, о.п которой обозначена линией 2 на рис. 3, *б*, соответствует менее глубокозалегающей границе, нежели волна, о.п которой показана линией 1 на рис. 3, *б*.

Белым пунктиром (3) показана о.п продольной кратной преломленной волны от той же границы, которой соответствует волна, о.п которой показана линией 2 на рис. 3, *б*.

Черные горизонтальные пунктирные линии на рис. 3, *а* и рис. 3, *б* соответствуют удалениям источник-приемник 7000 м.

На рис. 4 приведен временной разрез головных волн на базе 7000 м по интервалу профиля 1260-1415 км.

Два временных разреза на разных базах, построенные по области прослеживания одной и той же головной волны, позволяют приблизительно оценить ее граничную скорость: разность баз временных разрезов делим на разность времен пробега головной волны.

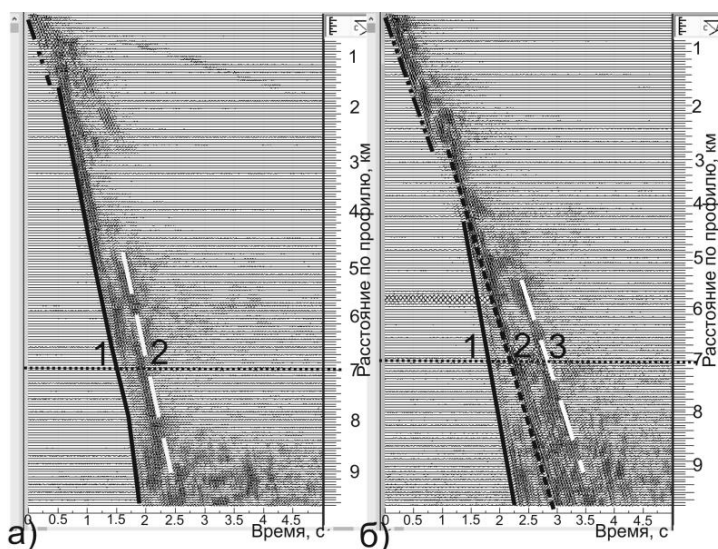


Рис. 3. Примеры сейсмограмм ОПВ, полученных с помощью динамического пересчета: *а*) результат пересчета волнового поля, зарегистрированного на интервале профиля 1 270–1 280 км; *б*) результат пересчета волнового поля, зарегистрированного на интервале профиля 1 380–1 390 км

На рис. 5, а приведены графики граничных скоростей продольных головных и кратных головных волн по интервалу профиля 1260-1350 км. На рис. 5, б приведены графики граничных скоростей продольных головных и кратных головных волн по интервалу профиля 1370-1400 км.

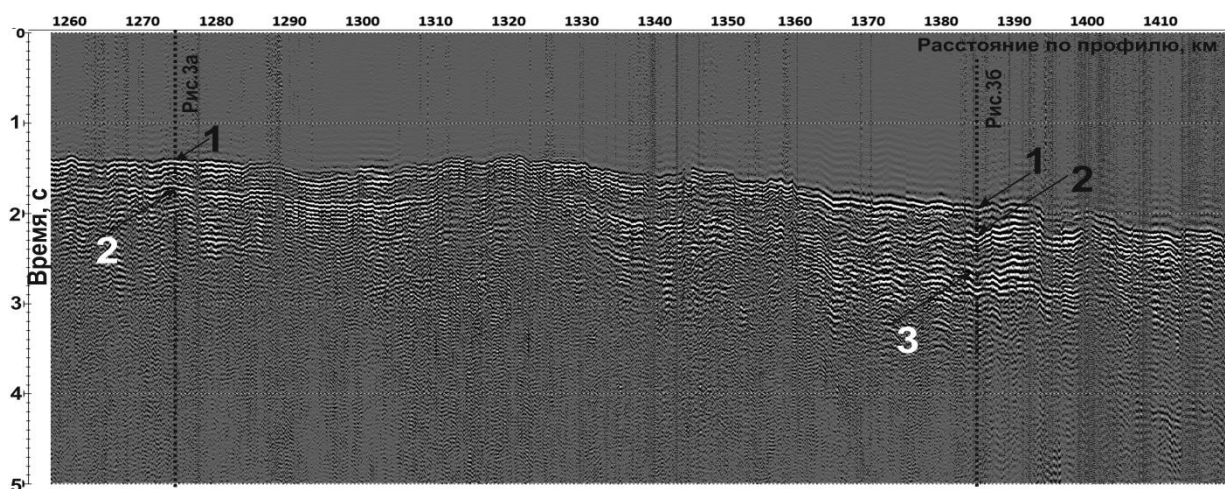


Рис. 4. Временной разрез головных волн на базе 7 000 м по интервалу профиля 1 260–1 415 км. Вертикальные черные пунктирные линии соответствуют горизонтальным пунктирным линиям на рис. 3, а и рис. 3, б. Стрелки с цифрами соответствуют линиям, на рис. 3, а и рис. 3, б показывающим о.п различных волн

Граничная скорость продольной головной волны, прослеживаемой в первых вступлениях временного разреза (на рис. 3, а и рис. 3, б ее о.п показана линией 1), изменяется по профилю в диапазоне 5.9-6.2 км/с (рис. 5, а, рис. 5, б). Такие значения скоростей продольных волн характерны для магматических пород. Вероятно, эта головная волна соответствует кровле кристаллического фундамента.

Граничная скорость кратной головной волны, о.п которой показана линией 2 на рис. 3, а, близка к скорости волны, прослеживаемой в первых вступлениях, и варьируется в пределах 6-6.2 км/с (значения граничной скорости показаны линией 2 на рис. 5, а). По-видимому, эта волна является кратной головной и также соответствует кровле кристаллического фундамента.

Важно отметить, что на временных разрезах головных волн возможны случаи, когда в последующих вступлениях фиксируются волны, соответствующие преломляющим границам, залегающим на меньших глубинах, чем границы, которым соответствуют волны первых вступлений. Граничная скорость головной волны, прослеживаемой в последующих вступлениях временного разреза на интервале профиля 1370-1400 км (на рис. 3, б о.п этой волны показана линией 2), варьируется в диапазоне 4-4.2 км/с (значения граничной скорости показаны линией 2 на рис. 5, б). Граничная скорость этой волны ниже, чем граничная скорость головной волны первых вступлений (о.п которой показана линией 1 на рис. 3, б). Поэтому эта волна соответствует границе, залегающей на

меньшей глубине, чем преломляющая граница, которой соответствует головная волна первых вступлений. Значения граничной скорости головной волны последующих вступлений характерны для осадочных пород, поэтому, вероятно, эта головная волна соответствует преломляющей границе, залегающей в пределах осадочного чехла.

Линией 3 на рис. 5, б показаны значения граничной скорости кратной головной волны, они составляют 4-4.1 км/с, и они близки к граничной скорости головной волны последующих вступлений, значения граничной скорости которой показаны линией 2 на этом же рисунке. Поэтому кратная головная волна соответствует той же преломляющей границе в осадочном чехле, как и головная волна, область прослеживания которой показана линией 2 на рис. 3, б.

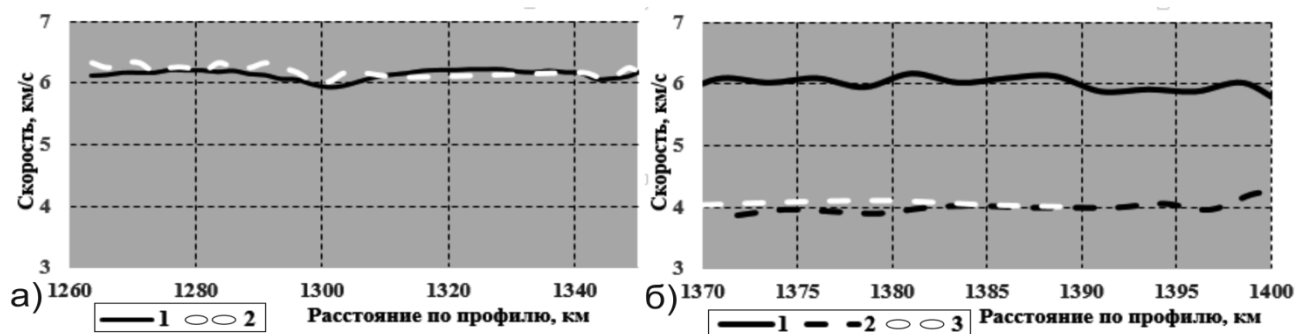


Рис. 5. Граничные скорости головной (1) и кратной головной волны (2) по интервалу профиля 1260-1350 км (а); граничные скорости головных волн (1, 2) и кратной головной волны (3) по интервалу профиля 1370-1400 км (б)

С помощью метода  $t_0'$  были оценены значения глубин залегания исследуемых преломляющих границ. Глубина залегания кровли кристаллического фундамента на интервале профиля 1260-1415 км варьируется в пределах 1.7–2 км, увеличиваясь по направлению к Северо-Восточному краю Центрального участка. Глубина залегания преломляющей границы в осадочном чехле на интервале профиля 1370-1400 км изменяется в диапазоне 1.3-1.4 км.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еманов А. Ф., Селезнев В. С, Коршик Н.А. Динамический пересчет головных волн при обработке данных сейсморазведки // Геология и геофизика. - 2008. - Т. 49. - № 10. - С. 1031-1045.
2. Геологическая карта России и прилегающих акваторий, масштаб 1:250000. / Под ред. Морозова А.Ф., Петрова О.В. - СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004.
3. Крылов С.В, Сергеев В.Н. Свойства головных волн и новые возможности автоматизации их обработки // Геология и геофизика. - 1985. - №4. - С. 92-102.
4. Полянский П.О., Сальников А.С., Еманов А.Ф. Применение алгоритма динамического пересчёта головных волн к обработке данных ОГТ (Северо-Западный участок опорного профиля 3-ДВ) // Геофизические методы исследования земной коры. Материалы всероссийской конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Пузырёва (8-13 декабря 2014 г.). - Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2014. - С. 238-243.

© П. О. Полянский, А. С. Сальников, А. Ф. Еманов, 2016