

УДК 550.834:551.14 (571.1)

ЛАТЕРАЛЬНАЯ СКОРОСТНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ГЛУБОКИХ ЗОН ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2002 г. Н. К. Булин

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 03.06.2002 г.

Поступило 20.05.2002 г.

Скоростная неоднородность кристаллической земной коры (КЗК) по данным ГСЗ и КМПВ обычно изучается на уровне двух регионально прослеживаемых сейсмических горизонтов – опорной границы Φ (КК) в верхней коре, отождествляемой некоторыми исследователями с кровлей КЗК, и поверхности Мохоровичича (М). К настоящему времени составлено несколько схем глубинной скоростной неоднородности Западно-Сибирской плиты (ЗСП), основанных на материалах регистрации продольных P -сейсмических волн [1–4 и др.]. Между тем наличие данных о скорости V_S распространения поперечных (S) сейсмических волн, полученных на трансрегиональных профилях многоволнового глубинного сейсмического профилирования (МГСР) в последнее десятилетие [4–6], позволяет перейти к “многоскоростному” картированию КЗК.

В отличие от предыдущих исследований анализ скоростной неоднородности КЗК проводился нами не для сейсмических границ, а для достаточно толстых “слоев”. В качестве основного объекта изучения латеральной скоростной неоднородности был выбран слой, расположенный в самой нижней части КЗК, именуемый в дальнейшем базальным слоем коры (рис. 1). Этот слой характеризуется переменной мощностью (чаще 7–12 км) с утонением на локальных участках до 3–5 км. Его кровля является довольно устойчивым отражающим горизонтом как для продольных (P), так и поперечных (S) сейсмических волн. Величина пластовой скорости $V_S^{пл}$ в этом слое варьирует от 3.6 до 4.35 км/с. На отдельных участках геотраверса видна блокировка базального слоя на домены с горизонтальной протяженностью 50–100 км. Если подошва слоя (граница М) в разрезе КЗК опознается безошибочно, то его кровля в случае наличия двух вышележащих сближенных (3–4 км) границ может трассироваться с ошибкой. Часто-

та встречаемости таких ситуаций вряд ли превосходит 15%. Возможные ошибки в определении положения кровли базального слоя в нашем исследовании не имели существенного значения, поскольку искомой величиной являлись значения $V_P^{пл}$ и $V_S^{пл}$, определяемые непосредственно над границей Мохоровичича. Нами анализировались “горизонтальные вариации” значений средней пластовой скорости $V_P^{пл}$ и $V_S^{пл}$ в базальном слое, которые составили $\pm(0.1–0.6)$ км/с для V_P и $\pm(0.05–0.4)$ км/с для V_S . Статистический анализ совокупности определений V_P и V_S показал, что при надежности 95% доверительный интервал для этих величин равен, как правило, $\pm(0.03–0.07)$ км/с [7].

Следует отметить, что специфический нижнекоревой слой с высокой отражательной способностью (слой рефлексивности) отмечен при наблюдениях докритических отраженных волн во многих районах Западной Европы. Согласно представлениям Ю.Г. Леонова [8], наличие большого числа отражающих площадок в слое рефлексивности свидетельствует о его большой структурной неоднородности и высокой тектонической активности. По значениям $\Delta V_P^{пл}$ и $\Delta V_S^{пл}$ в базальном “слое” составлена схема его скоростной неоднородности (рис. 2).

Вторым объектом служила средне-нижнекоревая толща КЗК с изменчивой мощностью преимущественно 15–35 км, расположенная непосредственно над базальным слоем и характеризующаяся в ряде мест пониженной скоростью $V_S = 3.55–3.8$ км/с (рис. 3). Третьим объектом являлась маломощная зона (2–5 км), расположенная ниже опорной сейсмической границы Φ (КК) в интервале глубин 6–10 км. Для этой толщи также исследовалась только скорость V_S .

Кроме сейсмических данных МГСР, в работе использованы карты из Атласа по нефтегазоносным провинциям Сибири [9]. Некоторые элементы с этих карт перенесены на рис. 2–4.

Наибольший интерес представляет впервые составленная для обширного региона схема рас-

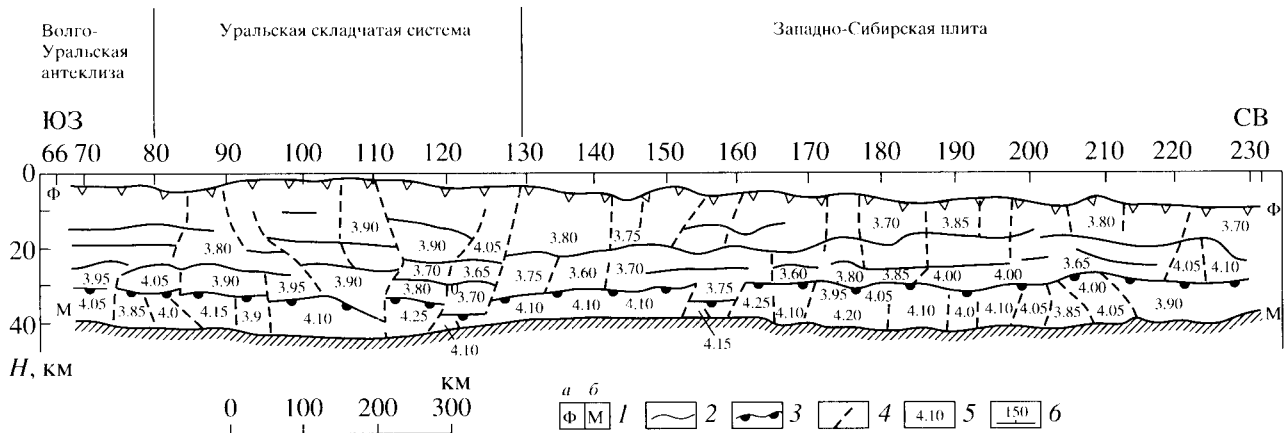


Рис. 1. Сейсмический разрез земной коры вдоль геотрансверса “Рубин-2” (г. Уральск–г. Н. Тагил–Уренгой) в значениях поперечной скорости волн V_S (H на рис. 2). Составлен в Центре ГЕОН Э.Г. Даниловой, Т.И. Даниловой, Л.И. Кагаловой и др. под руководством А.В. Егоркина [6]. Упрощение и схематизация разреза по Н.К. Булину. 1 – основные регионально прослеживаемые сейсмические границы: а – поверхность “сейсмического” фундамента, б – поверхность Мохоровичича; 2 – прочие границы, прослеженные по отраженным P - и S -волнам; 3 – условная поверхность нижней части земной коры (кровля базального “слоя”); 4 – условные субвертикальные и наклонные контакты по границам разноскоростных блоков; 5 – пластовая скорость поперечных сейсмических волн $V_S^{пл}$ (км/с) в отдельных доменах, показана выборочно; 6 – пикеты сейсмического профиля.

пределах среднепластовой скорости $V_S^{пл}$ в базальном слое КЗК (рис. 2). Границы областей с разными $V_S^{пл}$ во многих местах показаны приближенно в связи с редкой сетью профилей, тем не менее общая картина латеральной скоростной зональности V_S устанавливается достаточно отчетливо. Во-первых, большая часть разноскоростных зон имеет вытянутую субмеридиональную ориентацию, согласную с ориентацией скоростных зон на уровне гранины М [4], а также с простираем региональных аномалий Δg и ΔT_a . Во-вторых, по линейной протяженности и ширине большая часть региональных скоростных зон мало отличается друг от друга. Исключение представляют широкие (до 400–500 км) Ханты-Мансийск-Тюменская (1) и Кемеровская (2) зоны. Обе упомянутые зоны относятся к классу высокоскоростных доменов ($V_S = 4.15\text{--}4.35$ км/с). В-третьих, большая часть выделенных скоростных зон относится, вероятно, к структурам сжатия и лишь две (II, III) и, возможно, IV – к предполагаемым структурам растяжения*. Представляют интерес также следующие особенности структурного рисунка скоростных зон: а) резкий излом в простираем зоны III на широте $62^\circ\text{--}63^\circ$; б) подковообразная форма Тюмень-Кустанай-Омской зоны растяжения (II).

По относительной распространенности несколько выделяются скоростные зоны с V_S 3.95–

4.05 и 4.15–4.25 км/с. Наибольшей распространенностью пользуются зоны с $V_S = 3.95\text{--}4.05$ км/с. Самая протяженная из них находится на участке от Уренгоя на севере до г. Астана на юге. Что касается зон с $V_S^{пл} = 4.25\text{--}4.35$ км/с, то они встречаются спорадически и, как будто, чаще имеют субизометричную форму в плане. Самый крупный участок с $V_S = 4.25\text{--}4.35$ км/с, имеющий овальную форму, находится под Среднепечорской впадиной.

Скоростные зоны V_S были сопоставлены с размещением разновозрастных структурно-вещественных комплексов, приведенных в работе [9]. Степень совпадения в плане тех и других в целом высокая. Больше всего совпадений относительно ширины и протяженности геолого-структурных и геофизических (V_S) зон отмечено для раннего докембрия. Так, выделяемая нами зона 3 с $V_S = 3.95\text{--}4.05$ км/с, прослеживаемая в широкой полосе от Нового Уренгоя до Астаны на юге, полностью совпала с гранулито-базитовым поясом, показанным в [9]. Существенно отметить, что именно в пределах этого пояса заключена подавляющая часть всех проявлений континентального рифтогенеза [1]. Еще одно совпадение геологических и сейсмических (V_S) данных состоит в том, что в средней части региона между меридианами 66° и 72° в.д. (участок между Тюменью и Ханты-Мансийском) блок преимущественно базитовых пород совпал с зоной повышенных $V_S = 4.15\text{--}4.25$ км/с. Одно из самых больших несоответствий геолого-структурной карты докембрийских отложений и скоростной (для базального слоя) зональности состоит в том, что выделяемая по данным МГСП

* Соликамская зона растяжения (I) находится за пределами ЗСП.

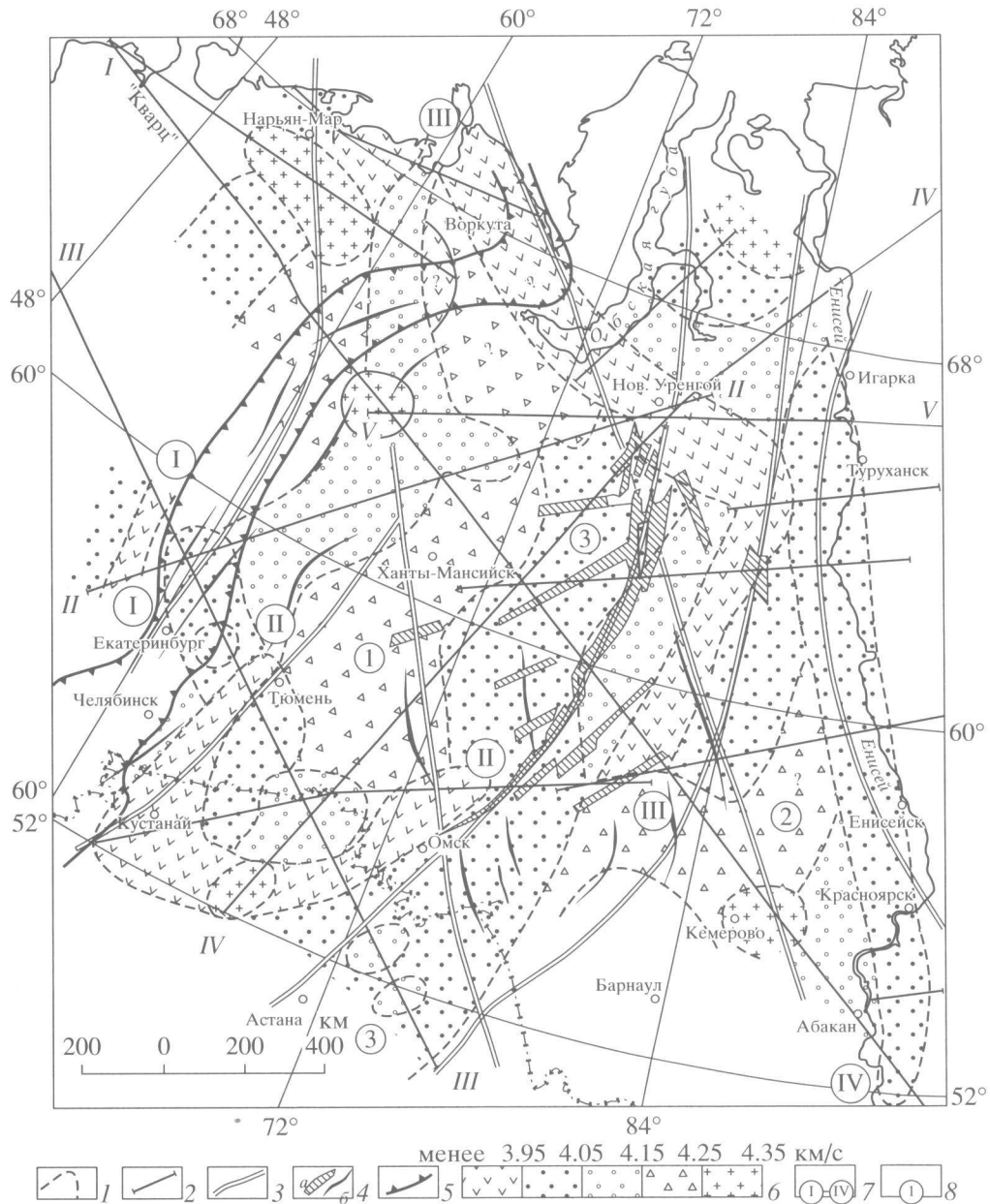


Рис. 2. Схема распределения пластовой скорости распространения поперечных сейсмических V_s^{pl} в нижнекоровом (базальтовом) слое Западной Сибири. Составлена по наблюдениям на сейсмических профилях и геотраверсах, выполненных Центром ГЕОН в 1983–1990 гг. [4–6]. 1 – границы областей с разными значениями V_s^{pl} ; 2 – основные региональные профили и геотраверсы МГСП: I–I – Мурманск–Кызыл (“Кварц”), II–II – г. Уральск–г. Н.Тагил–Уренгой (“Рубин-II”), III–III – г. Костомукша–Семипалатинск (“Рубин-I”), IV–IV – оз. Тенгиз–море Лаптевых (“Битум”), V–V – п. Березово–Усть-Мая (“Кратон”); 3 – древние трансрегиональные линейменты [9]; 4 – континентальные рифты (а), грабены (б) [9]; 5 – границы Уральской складчатой системы; 6 – латеральная зональность пластовой скорости V_s , км/с; 7 – предполагаемые по сейсмическим данным древние (рифейские?) рифтогенно-раздвиговые зоны или их фрагменты: I – Соликамская, II – Тюмень-Кустанай-Омская, III – Пай-Хой-Уренгой-Кетская; IV – Приенисейская (?); 8 – скоростные зоны V_s^{pl} аномальных размеров: 1 – Ханты-Мансийская, 2 – Кемеровская (?), 3 – Уренгой-Астанская.

контрастная зона растяжения с $V_s < 3.95$ км/с (Пай-Хой-Уренгой-Кетская) не получила адекватного морфологического выражения в структурно-вещественной зональности КЗК в раннем

докембрии. Вместе с тем некоторые элементы докембрийской разрывной тектоники коррелируют с положением границ скоростных зон в нижних горизонтах КЗК.

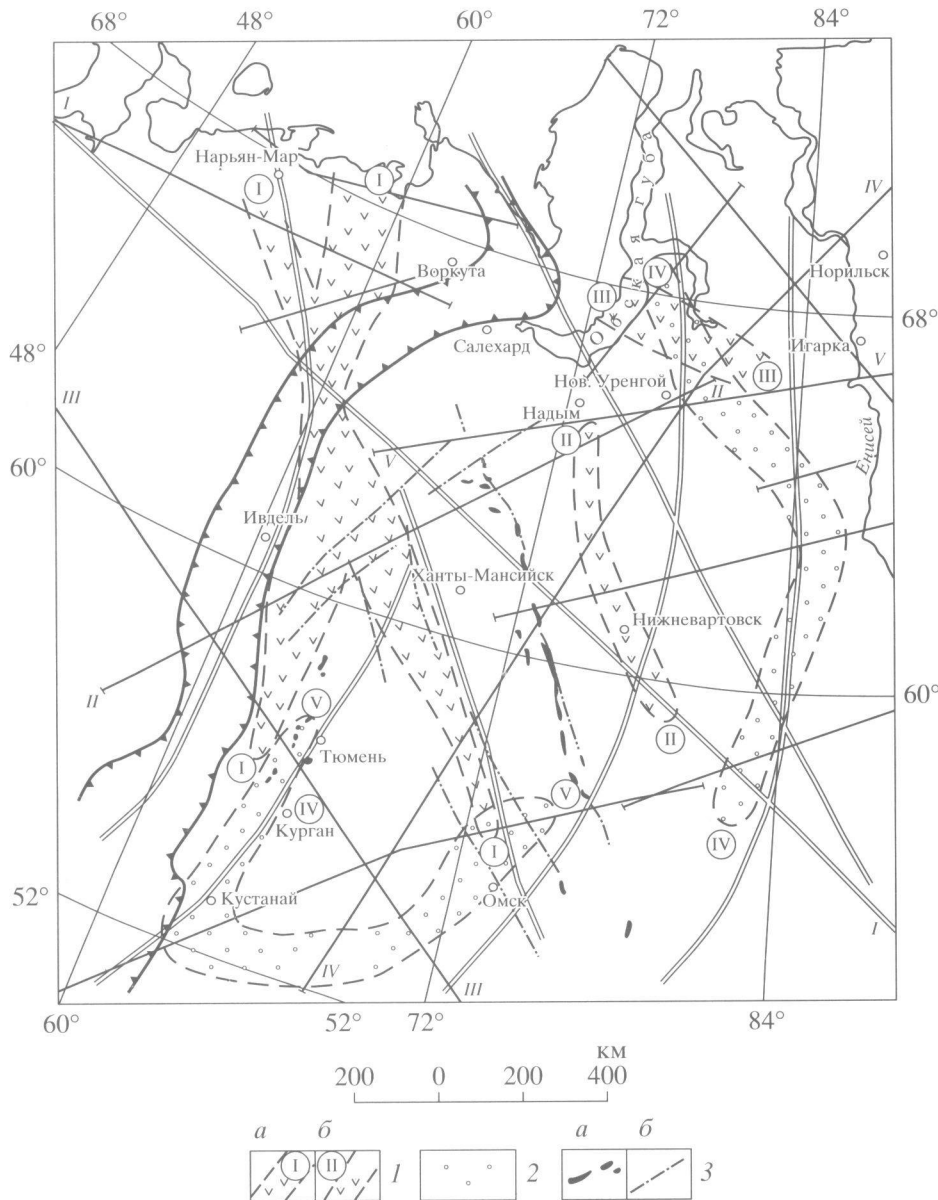


Рис. 3. Схема размещения разнотипных сейсмических волноводов в средней и нижней частях КЗК Западной Сибири. 1 – средне-нижнекоровые волноводные зоны в интервале от 15 до 35 км, выделенные по *S*-волнам: а – латеральные и радиальные волноводы (I – Нарьян-Мар-Омская, $V_S = 3.6\text{--}3.7$ км/с), б – только латеральные волноводы (II – Надым-Васюганская, $V_S = 3.55\text{--}3.6$ км/с и III – Тазовская, $V_S = 3.8$ км/с); 2 – базальные волноводы, выделенные в латеральном разрезе по аномалиям скорости V_P (IV – Тазовско-Колпашевский, $V_P = 6.75\text{--}6.9$ км/с, V – Тюмень-Кустанай-Омский, $V_P = 6.75$ км/с); 3 – элементы геологического строения со структурной схемой для поздней перми [9]: а – основные и ультраосновные породы, б – разломы. Остальные условные обозначения на рис. 2.

Выше мы рассмотрели скоростную макроэволюцию базального слоя по данным о скорости V_S . К сожалению, скоростная неоднородность этого слоя по *P*-волнам проявлена менее контрастно, чем по *S*-волнам, – выделены всего две региональные аномальные зоны, относящиеся к классу волноводов (рис. 3). Один из них (Тюмень-Кустанай-Омский) почти полностью совпал с одноименным волноводом для *S*-волн, а второй (Тазовско-Кол-

пашевский) находится примерно в 100 км восточнее Пай-Хой-Уренгой-Кетского волновода для *S*-волн.

Из средне-нижнекоровых волноводов (рис. 3) особо выделяется Нарьян-Мар-Омская зона I суммарной протяженностью 1700 км, имеющая сложную конфигурацию. Под острым углом она сечет структуру Урала. Обращают на себя внимание сопряжение древней (рифейской?) Тюмень-

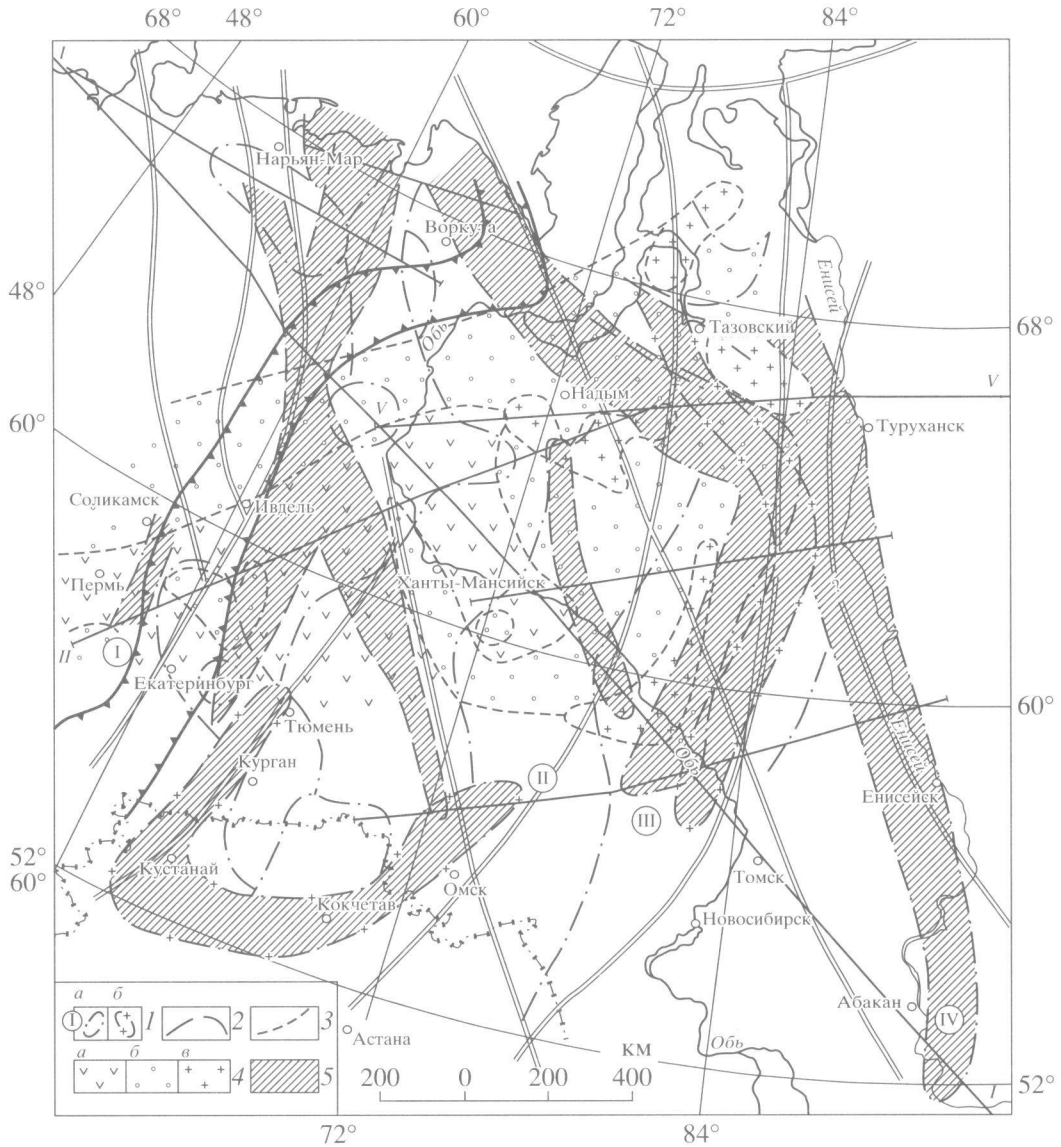


Рис. 4. Схема сопоставления основных контуров скоростных зон, выделенных на разных глубинных уровнях КЗК в пределах Западной Сибири. 1 – контуры зон в базальном слое: а – данные S-волн (I–IV см. на рис. 2), б – то же P-волн; 2 – контуры зон в средне-нижнекором этаже (глубины от 15 до 35 км) по данным S-волн (подробнее см. рис. 2); 3 – границы зон в верхней коре (от 2 до 5 км ниже границы Ф); 4 – скоростные зоны верхней коры, V_S , км/с: а – 3.50–3.60, б – 3.65–3.75, в – 3.80–3.95; 5 – сейсмические волноводы в КЗК. Остальные обозначения см. рис. 2, 3.

Кустанай-Омской зоны растяжения с Нарьян-Мар-Омской более молодой (позднепермской?) волноводной зоной. В пользу такой трактовки возраста Нарьян-Мар-Омской зоны свидетельствует близость простираний сети разломов и цепочек базитовых и ультрабазитовых тел, показанных на палеотектонической карте для поздней перми [9], с одной стороны, и границ коровых волноводных зон с $V_S = 3.6$ км/с – с другой (рис. 3).

Обращает на себя внимание, что на некоторых участках границы сравнительно молодой Нарьян-Мар-Омской и более древней Тюмень-Кустанай-Омской скоростных зон достаточно близко кор-

релируют с положением древнейших трансрегиональных разрывных зон. Это может свидетельствовать об унаследованности древних зон разломов более молодыми разрывами.

В заключение проведем сравнение контуров скоростных зон, выделенных в разных этажах КЗК (рис. 4). Обращает на себя внимание разная преобладающая ориентация скоростных зон, расположенных в разных этажах КЗК: 1) преимущественно субмеридиональная для скоростных зон базального слоя (исключение – подковообразная форма Тюмень-Кустанай-Омской зоны растяжения); 2) преимущественно северо-западная для

средне-нижнекоровых волноводов; 3) северо-восточная, частично северо-западная и другая ориентация для верхней части КЗК. Характерно, что скоростные зоны верхней КЗК усложняют свою форму по мере движения на восток и юго-восток, причем часть линейных зон пониженной скорости ($V_S = 3.50\text{--}3.60$ км/с) непосредственно контактирует с волноводами среднего этажа ($V_S = 3.6\text{--}3.7$ км/с), а другая часть – с волноводами базального слоя с $V_S = 3.8\text{--}3.9$ км/с.

По предварительным данным, скоростные зоны базального слоя отвечают, вероятно, скоростной зональности, сформированной в рифейское (?) время; скоростные зоны северо-западной ориентации, представленные средне-нижнекоровыми волноводами, скорее всего, обусловлены явлениями базит-ультрабазитового магматизма и связанной с ними тектонической перестройкой, происходившими в поздней перми. Скоростная латеральная зональность верхней части КЗК представляет собой, вероятно, результат воздействия полей напряжений всех предшествующих эпох при преобладающем влиянии сравнительно поздних (неотектонических) сдвиговых (?) перемещений.

ВЫВОДЫ

1. Впервые по наблюдениям МГСП составлена схема латерального распределения среднепластовой скорости V_S в базальном слое КЗК. В створе геотраверса “Кварц” (профиль) выделено около 10 трансрегиональных скоростных зон, вытянутых преимущественно в субмеридиональном направлении. Самая протяженная из них (Уренгой-Астанская) близко соответствует по размерам и местоположению гранулито-базитовому поясу раннего докембрия [9].

2. Количество линейно вытянутых скоростных зон резко преобладает над субизометричными доменами (сегментами).

3. Впервые по данным сейсморазведки выделены угловатые и подковообразная в плане скоростные зоны, наиболее характерные для базального слоя коры.

4. Самыми уверенно выделяемыми внутрикоровыми скоростными зонами являются сейсмические волноводы северо-западного простирания, часть которых контролируется древними зонами глубинных разломов. Количество волноводных зон в базальном “слое” невелико, причем отмечено несовпадение в плане части волноводов, выделенных по P - и S -волнам.

5. Установлена разная преобладающая ориентация скоростных зон в пределах разных этажей кристаллической земной коры, что в общем согласуется с идеями Ю.М.Пущаровского и других исследователей о тектонической расслоенности земной коры в радиальном направлении.

6. Результаты изучения латеральной скоростной неоднородности КЗК могут представить интерес при составлении обзорных палеотектонических карт, а также при выявлении зон повышенной проницаемости и подвижности верхней литосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурков В.С. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты. М.: Недра, 1986. 149 с.
2. Карус Е.В., Габриэлянец Г.А., Ковылин В.М., Чернышов Н.М. // Сов. геология. 1984. № 5. С. 75–85.
3. Карус Е.В., Савинский К.А. Краткий очерк глубинного строения земной коры платформенных областей Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1990. 88 с.
4. Егоркин А.В. В кн.: Глубинное строение территории СССР. М.: Наука, 1991. С. 118–135.
5. Солодилов Л.Н. // Разведка и охрана недр. 1994. № 10. С. 2–8.
6. Костюченко С.Л., Егоркин А.В., Солодилов Л.Н. и др. В кн.: Вторые геофизические чтения имени В.В. Федынского. Тез. докл. М.: 2000. С. 24–25.
7. Булин Н.К., Егоркин А.В. // Геология и геофизика. 1993. № 9. С. 92–106.
8. Леонов Ю.Г. // Тектоника. 1993. № 5. С. 4–75.
9. Атлас палеотектонических и геолого-палеоландшафтных карт нефтеносных провинций Сибири / Под ред. В.С. Суркова. Новосибирск; Женева, 1995. 222 с.