

С. Н. КАШУБИН, О. В. ПЕТРОВ, Е. Д. МИЛЬШТЕЙН, Е. А. АНДРОСОВ,
И. Ю. ВИНОКУРОВ, С. П. ШОКАЛЬСКИЙ (ВСЕГЕИ)**Типы земной коры Центральной и Северо-Восточной Азии, дальневосточной и арктической областей перехода континент–океан**

Приводятся результаты обобщения глубинных сейсмических исследований, выполненных в Центральной и Северо-Восточной Азии, а также дальневосточной и арктической областях перехода континент–океан. Проанализированы типы земной коры для различных тектонических структур этой территории и построена схематическая карта распространения типов земной коры. Изучение разных типов коры и закономерностей их распространения по площади в зависимости от типов геологических структур представляет интерес с точки зрения истории формирования и преобразования земной коры в целом. Карта отражает закономерности пространственного распределения различных типов земной коры в Центральной и Северо-Восточной Азии и может служить обоснованием глобальных геотектонических моделей формирования Евразии и ее взаимодействия с Тихим океаном.

Ключевые слова: *глубинные сейсмические зондирования, океаническая, переходная, континентальная земная кора, Центральная и Северо-Восточная Азия, дальневосточная область перехода континент–океан.*

S. N. KASHUBIN, O. V. PETROV, E. D. MILSHTEIN, E. A. ANDROSOV,
I. YU. VINOKUROV, S. P. SHOKALSKY (VSEGEI)**Crustal types of Central and Northeast Asia, Far Eastern and Arctic continent–ocean transition ares**

The article presents results of generalization of deep seismic studies performed in Central and Northeast Asia, as well as in the Far Eastern and Arctic continent–ocean transition areas. Variations in the crustal types for various tectonic structures of this area have been analyzed. A sketch map of crustal type distribution in the structures of Central and Northeast Asia and the continent–ocean transition area have been compiled. Studying different crustal types and patterns of heir distribution over the area, depending on types of geological structures, is of interest for understanding the history of formation and transformation of the Earth's crust as a whole. The map reflects patterns of spatial distribution of various crustal types in Central and Northeast Asia and can serve as a basis for substantiating global geotectonic models of the formation of Eurasia and its interaction with the Pacific Ocean.

Keywords: *deep seismic sounding, oceanic, transitional, continental crust, Central and Northeast Asia, Far Eastern continent–ocean transition area.*

Современные представления о типах земной коры основаны на результатах многочисленных глубинных сейсмических исследований, выполненных в различных районах мира, и попытках их систематизации в связи с особенностями геологического строения и историей тектонического развития регионов [6, 21, 23, 27, 42, 43, 47].

Общая типизация земной коры по сейсмическим моделям предложена в конце 1980-х годов В. В. Белоусовым и Н. И. Павленковой [3] и в дальнейшем получила развитие в работах отечественных и зарубежных исследователей [10, 47]. В основе всех этих типизаций земной коры лежат различия океанической и континентальной коры по мощности, внутреннему строению и составу.

По этим параметрам характерными чертами континентальной коры являются большая мощность (как правило, более 30 км) и наличие в консолидированной части коры мощного (до 10 км и более) верхнего слоя со скоростями продольных

волн 5,8–6,4 км/с, часто называемого «гранито-гнейсовым» слоем. Океаническая кора, в противовес континентальной, тонкая (как правило, менее 10 км), «гранито-гнейсовый» слой в ней отсутствует, и она практически полностью представлена породами со скоростями продольных сейсмических волн более 6,5 км/с. Детальные сейсмические исследования, охватывающие активные и пассивные окраины континентов и океанические поднятия, показали, что помимо континентальной и океанической коры часто встречается кора с промежуточными параметрами. Её мощность 10–30 км, и в ней существенно сокращен или полностью отсутствует «гранито-гнейсовый» слой. Отнесение этой коры к океаническому или континентальному типу часто неоднозначно, поэтому нередко предлагается определять такую кору как переходную [3].

Океаническая и континентальная кора весьма существенно различаются по мощности

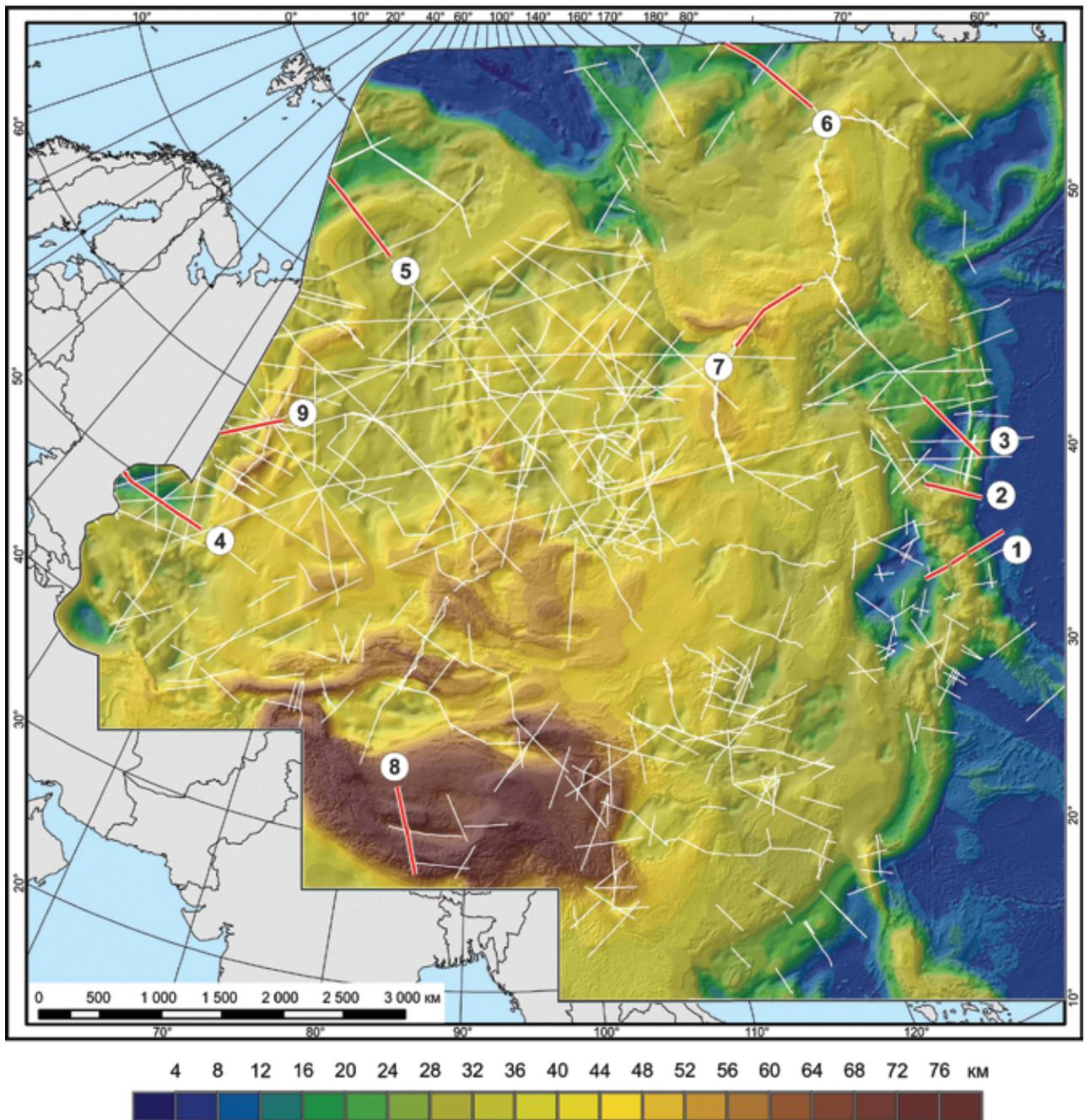


Рис. 1. Схематическая карта мощности консолидированной части земной коры Центральной, Северо-Восточной Азии и областей перехода континент–океан

Белые линии – основные профили глубинных сейсмических исследований. Красным цветом обозначены фрагменты профилей (цифры в кружках 1–9), разрезы по которым приводятся в настоящей работе. См. рис. 3–11

и скоростным характеристикам. Особенно очевидны эти различия на скоростных моделях, построенных по данным многоволновых сейсмических исследований, использующих в качестве дополнительной характеристики среды отношения V_p/V_s [10, 25, 41, 46]. В кристаллической коре континентов отношение V_p/V_s редко превышает 1,77, в то время как во 2- и 3-м слоях океанической коры V_p/V_s обычно составляет 1,85–1,90. В осадочном слое в океанической и континентальной коре V_p/V_s меняется в широких пределах, в целом превышая значения 1,9–2,0.

Учитывая связь между суммарным содержанием кремнезема в кристаллических горных породах

и отношением V_p/V_s [1], эти различия представляются вполне закономерными и свидетельствуют о различной основности океанического и континентального типов земной коры.

Евразийский континент и его дальневосточная и арктическая области перехода континент–океан достаточно полно изучены глубинными сейсмическими исследованиями (рис. 1). Значительные объемы таких работ выполнены в континентальной части России, Казахстана и Китая [5–8, 16, 21, 24, 38, 40, 53, 55, 56]; северная и восточная области перехода континент–океан изучались исследователями Японии, России, Китая и Кореи [11, 12, 18–20, 33, 37, 45, 48, 50–52, 54].

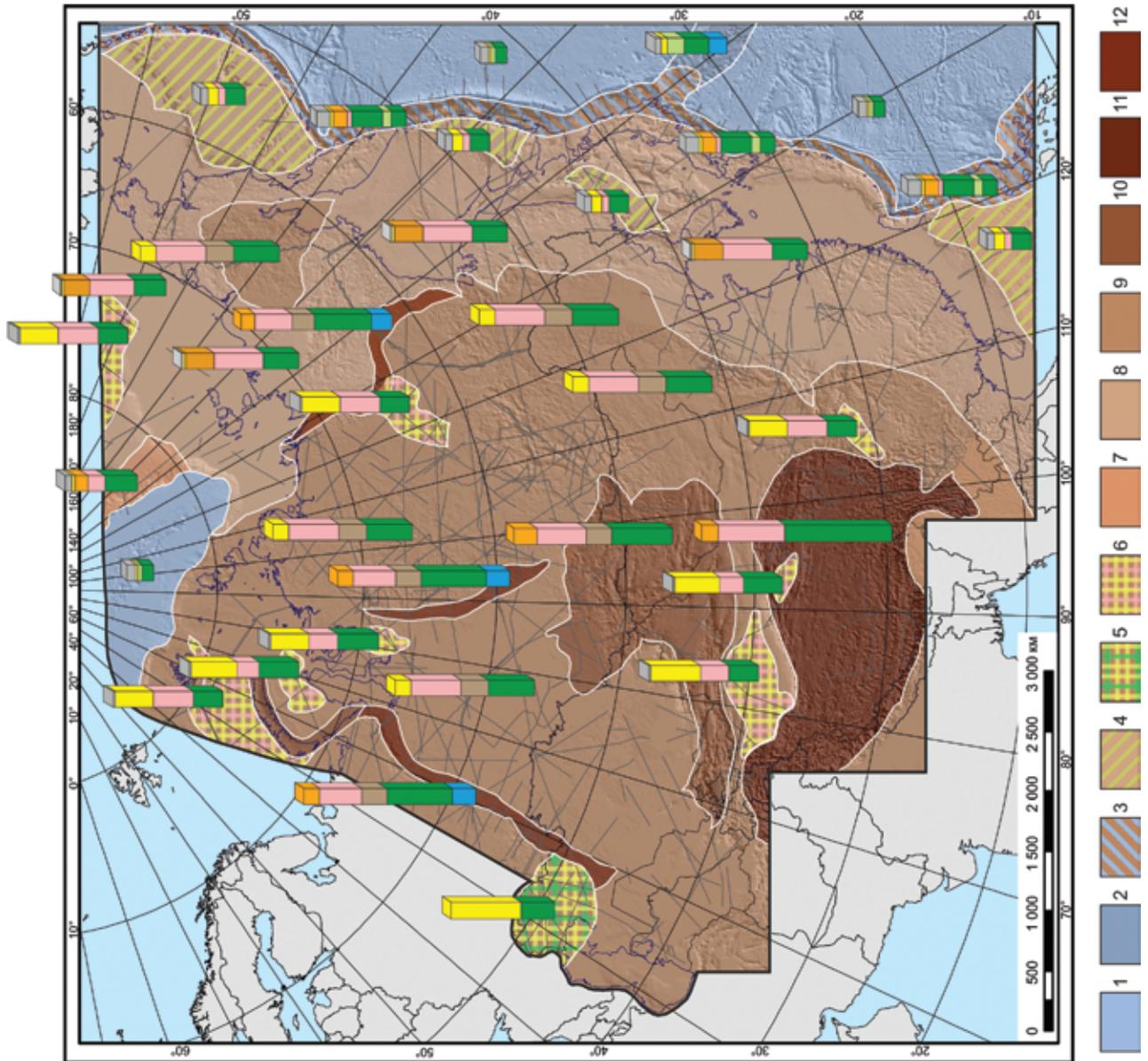


Рис. 2. Схематическая карта типов земной коры и типовые колони структуры Центральной, Северо-Восточной Азии и областей перехода континент—океан

1, 2 – океаническая земная кора; 1 – океанических бассейнов, 2 – океанических плато; 3, 4 – переходная земная кора: 3 – зоны субдукции, 4 – задаточных бассейнов; 5–12 – континентальная земная кора: 5, 6 – кора глубоких осадочных бассейнов (5 – прикаспийский, «безграничный» и 6 – палеорифтовый типы), 7 – кора подводных хребтов и поднятий, 8 – кора окраинных складчатых областей и шельфовых морей, преимущественно с двухслойной кристаллической корой, 9 – кора платформ и средних массивов, 10 – кора внутриконтинентальных складчатых областей, преимущественно с трехслойной кристаллической корой, 11 – кора складчато-надвиговых областей (гималайский тип), 12 – кора внутриконтинентальных складчатых поясов и пограничных зон. Серые линии – профили МПВ, ГСЗ

Океаническая кора		Переходная кора		Континентальная кора	
Кора океанических бассейнов	1			Тихоокеанский, Евразийский океанические бассейны [35; Jokat et al., 2007]	
	2				
Кора зон субдукции	3			Тихоокеанская субдукционная зона [Nakanishi et al., 2009]	
	4				
Кора глубоких осадочных бассейнов	5			Прикаспийская впадина [Вольвовский и др., 1988; Kostyuchenko et al., 1999; Павленкова и др., 2016]	
	6				
Кора подводных хребтов и поднятий	7			Хребт Ломоносова; Поднятие Менделеева [Jackson et al., 2010; Poselov et al., 2014; Кашубин и др., 2016]	
	8				
Кора платформ, окраинных складчатых областей и шельфа	9			Сибирский кратон [Сейсмические модели..., 1980; Глубинное строение..., 1991; Павленкова и др., 2014]	
	10				
Кора внутриконтинентальных складчатых областей и пограничных зон	11			Гималае-Тибетская складчато-надвиговая область [Zhao et al., 2001; Li et al., 2006; Teng et al., 2013]	
	12				
					Уральский складчатый пояс; Енисейская, Предверхооянская пограничные зоны [Druzhinin et al., 1997; Дружинин и др., 2000; Геотраверс «ГРАНИТ»..., 2002; Егоркин и др., 2002]

На рис. 2 приведены обобщенные данные о моделях строения и скоростных параметрах главных слоев океанической и континентальной земной коры, которые наряду с данными о мощности различных слоев и мощности коры в целом служат основой для типизации земной коры. Отличие континентальной коры от океанической заключается в том, что в последней отсутствует верхняя и средняя кора. Это наиболее надежно фиксируется различиями в значениях V_p/V_s .

Созданные карты мощности земной коры, мощности осадочного чехла и составленная с использованием аномального поля силы тяжести и аномального магнитного поля схема районирования территории по характеру потенциальных полей [32, 44] позволили составить схематическую карту типов земной коры Центральной и Северо-Восточной Азии и областей перехода континент—океан (рис. 2). Необходимо отметить, что эта схема, основанная исключительно на геофизических данных, несущих информацию о глубинном строении, в ряде случаев может существенно отличаться от сложившихся геологических и тектонических представлений. Более того, по мнению авторов, приведенные данные могут и должны стимулировать появление различных, в том числе альтернативных геолого-тектонических построений в данном регионе.

Земная кора региона весьма разнообразна (рис. 2). Здесь выделяются блоки как с маломощной (менее 5–6 км), практически двухслойной океанической корой, так и с очень мощной (более 70 км) корой Гималаев и четырехслойной консолидированной корой Урала. На схеме выделены три основных типа земной коры — океанический, переходный и континентальный. Каждый в свою очередь делится на ряд подтипов (рис. 2). Два подтипа (1 и 2) *океанической коры* различаются прежде всего по мощности коры. Тонкая кора (менее 5–6 км) представлена двумя слоями (2- и 3-й слои океанической коры), перекрытыми маломощными осадками (рис. 3) [33]. Она распространена в глубоководной части Тихого океана и Евразийском бассейне Северного Ледовитого океана. В районе хр. Бонин в Тихом океане выделяется поднятие со значительно более толстой (свыше 20 км) океанической корой, близкой по своим свойствам к утолщенной коре восточно-тихоокеанских поднятий и океанических плато. При этом увеличение мощности происходит за счет появления в низах коры корово-мантийного комплекса со скоростями продольных волн 7,4–7,6 км/с [33]. Несмотря на значительную мощность и сходство по этому параметру с континентальной корой, земная кора поднятия по геологической позиции относится к океаническому типу.

В особый — *переходный* — тип выделена на карте кора дальневосточной области перехода континент—океан. Она представлена протяженной линейной зоной субдукции — подтип 3 (рис. 2, Б), в которой кора Тихоокеанской плиты погружается под континентальную окраину Евразии [48] (рис. 4).

Многочисленные данные ГСЗ [33, 48] уверенно фиксируют скоростные параметры надсубдукционной зоны с достаточно типичной континентальной корой. Сама зона субдукции обычно выделяется по данным сейсмологии как сейсмофокальная зона с падением порядка 35–45° в направлении континента. Проекция на дневную поверхность очагов землетрясений в этой зоне (переход от

Тихоокеанской плиты к Евразийскому континенту) образуют полосу шириной 150–200 км при протяженности в несколько тысяч километров [36]. Площадные параметры зоны соотносятся с проекции на земную поверхность совмещенных по зоне Беньюфа-Заварицкого разрезов континентальной и пододвигаемой под нее океанической кор. Специфика строения и масштабы этого геологического феномена побудили авторов выделить самостоятельный подтип 3 коры зоны субдукции.

Другим контрастным подтипом коры в области континент—океан — подтип 4 стала резко утоненная кора глубоководных впадин задуговых бассейнов, отличающаяся уменьшенной мощностью кристаллической коры и увеличенной мощностью осадков от остальной, шельфовой части окраинноморских бассейнов (рис. 5). Как показали недавние исследования земной коры этого подтипа на примере Южно-Охотской глубоководной котловины (многоволновые сейсмические исследования с донными станциями на профиле 2ДВ-М в Охотском море), в пределах этой котловины фиксируется тонкая кора, близкая по своим параметрам к верхней континентальной коре [12, 37]. Из-за малой толщины земной коры и особенно её верхней сиалической части и скоростных параметров нижней коры, близких к океаническому типу, такая кора задуговых бассейнов может рассматриваться как «субокеаническая кора». Масштабы её распространения в переходной области требуют уточнения, поскольку детальные материалы, обособывающие этот подтип земной коры, имеются пока только для Охотоморского окраинного бассейна.

Большую часть изучаемой территории охватывает *континентальная земная кора*, она включает подтипы 5–12 (рис. 2, Б), объединенные в четыре основные группы.

К *первой группе* относятся 5- и 6-й подтипы земной коры глубоких осадочных бассейнов. Оба подтипа характеризуются редуцированной земной корой за счет сокращения консолидированной ее части и самым мощным (до 18–20 км) осадочным выполнением. Подтипы отличаются по количеству слоев, выделяемых в кристаллической коре. В подтип 5 включены осадочные бассейны с «безграничной» (или «субокеанической») земной корой, такие как Прикаспийская впадина [4, 15, 38] (рис. 6).

Остальные глубокие осадочные бассейны, выделяемые на карте (Северо-Баренцевский, Южно-Карский, Северо-Чукотский, Вилюйский и др.), подстилаются двухслойной кристаллической корой [15, 20, 21, 51] (рис. 7, 8). В основании большинства бассейнов этой группы, как правило, располагаются рифтогенные структуры.

В верхней части фундамента некоторых бассейнов, залегающих преимущественно в пределах молодых плит (Южно-Карский, Пур-Гыданский, Северо-Чукотский бассейны), обнаруживается складчато-метаморфический слой (переходный комплекс). В других, например в Северо-Баренцевском или Вилюйском бассейнах, обычно располагающихся в пределах древних платформ с протерозойским фундаментом, складчатый комплекс может отсутствовать.

Вторая группа на рассматриваемой территории представлена лишь одним подтипом 7, соответствующим коре подводных поднятий, сформировавшихся в обстановке рифтовых пассивных континентальных окраин. К таким поднятиям относятся,

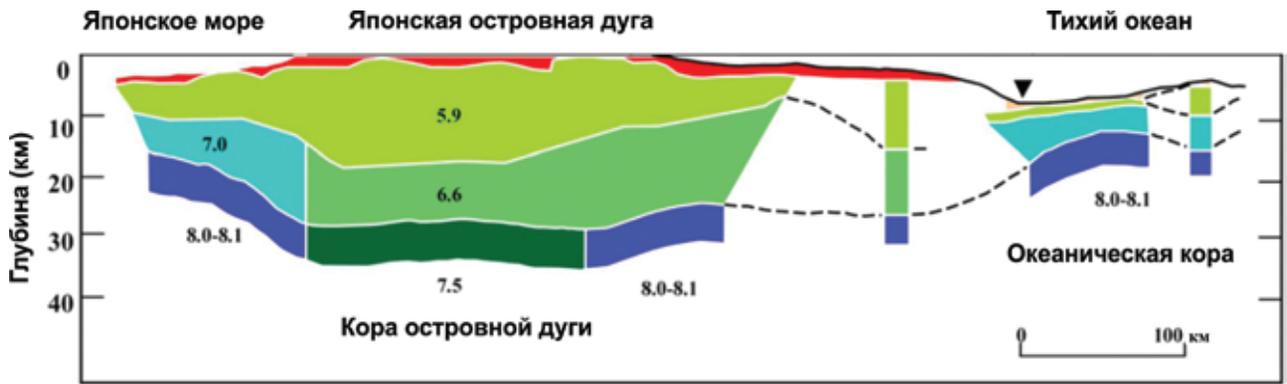


Рис. 3. Модель земной коры и верхней мантии по профилю 1, пересекающему Японскую островную дугу и продолжающемуся в Тихий океан [33]

Цифрами на разрезе обозначены скорости продольных волн в км/с (см. также рис. 4–11)

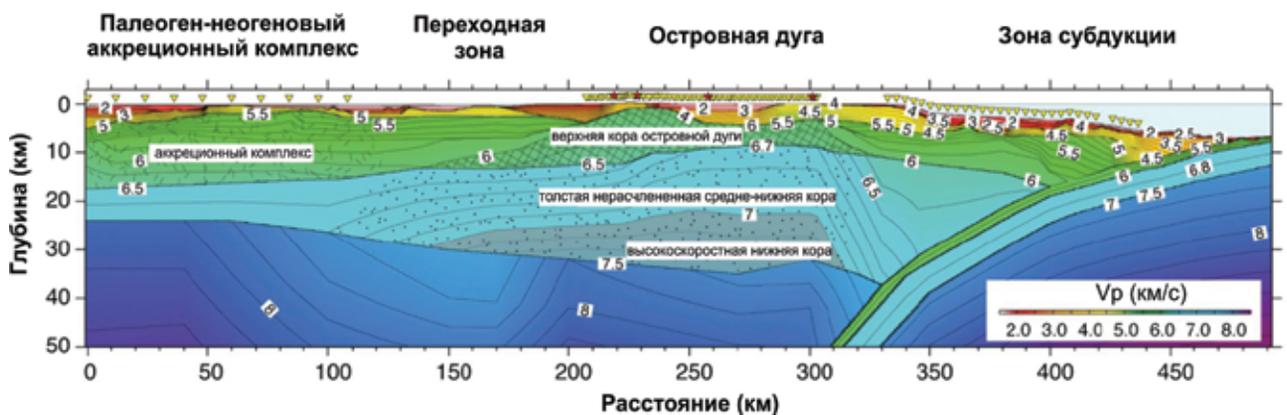


Рис. 4. Модель земной коры и верхней мантии по профилю 2, пересекающему зону субдукции и дальневосточной области перехода континент–океан

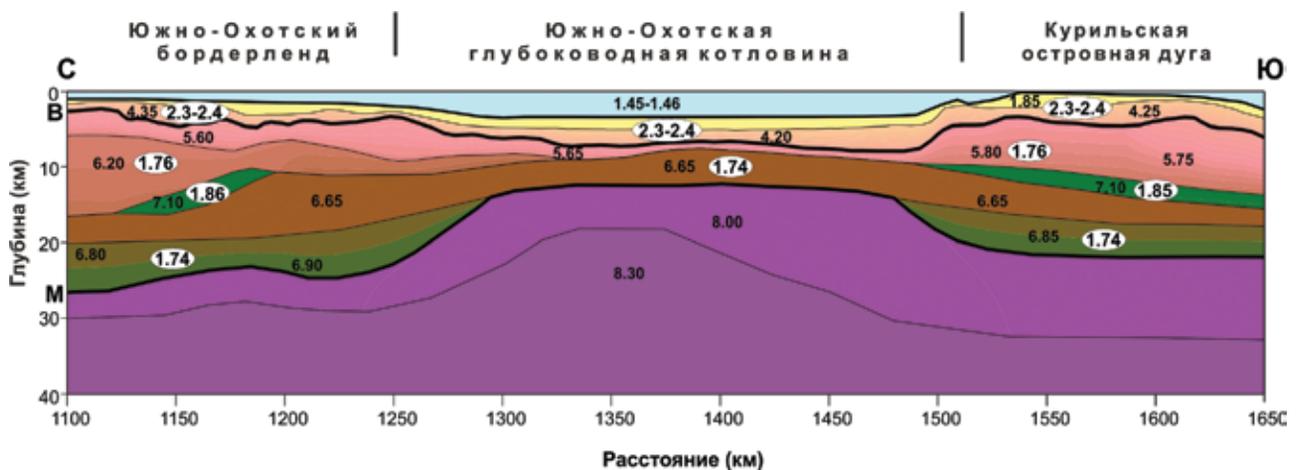


Рис. 5. Скоростная модель земной коры и верхней мантии по профилю 3, пересекающему задуговый бассейн в южной части Охотского моря [12]

В – поверхность верхней коры, М – граница Мохововичича. Цифры в эллипсах – отношение V_p/V_s

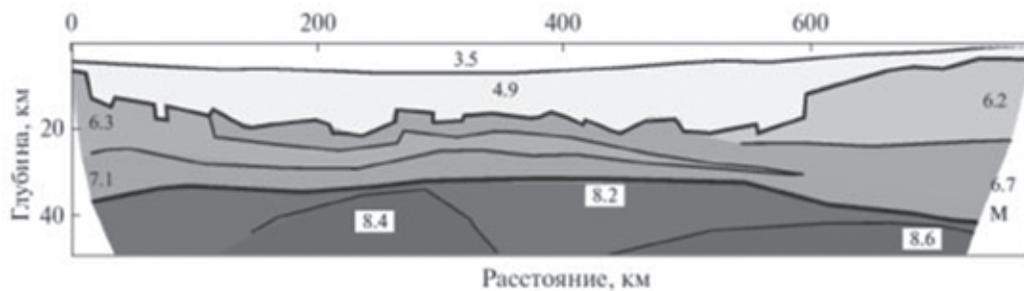


Рис. 6. Разрез земной коры по профилю 4, пересекающему Прикаспийскую впадину [9]

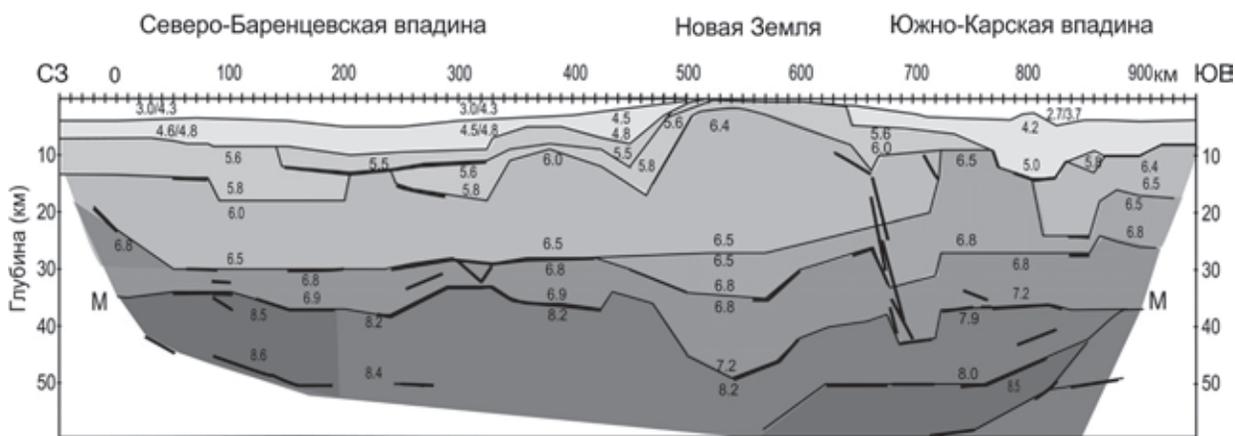


Рис. 7. Разрез земной коры по профилю 5, пересекающему Северо-Баренцевский и Южно-Карский бассейны [51]

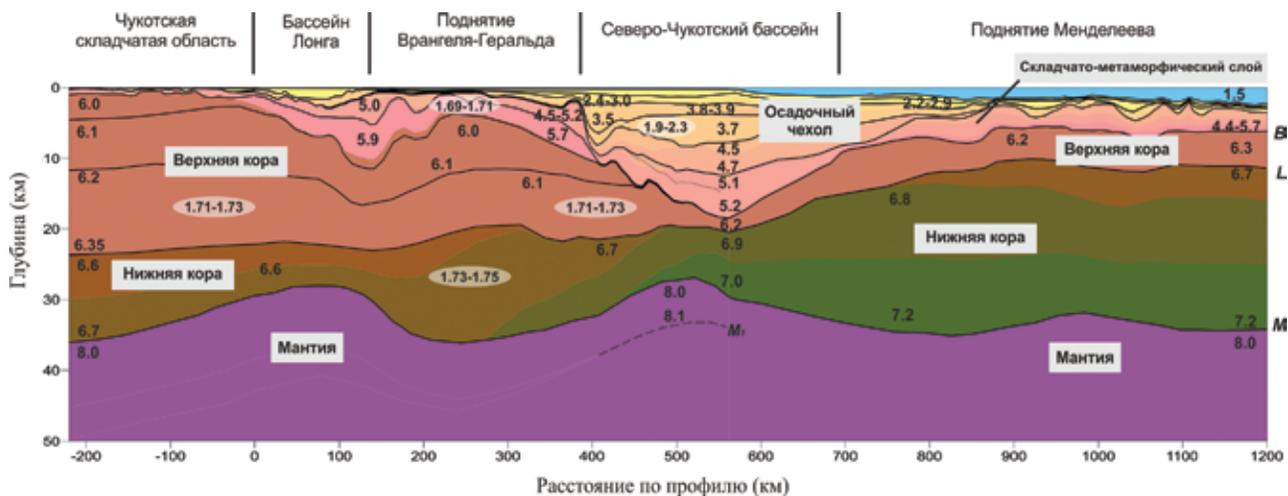


Рис. 8. Сводная скоростная модель, демонстрирующая строение земной коры и верхней мантии Северо-Чукотского бассейна и поднятия Менделеева по профилям ГСЗ 5-АР и Арктика-2005. Профиль 6

В – поверхность верхней кристаллической коры, L – поверхность нижней коры, M – граница Моховичича, M₁ – граница в верхней мантии. Цифры в эллипсах – отношение V_p/V_s

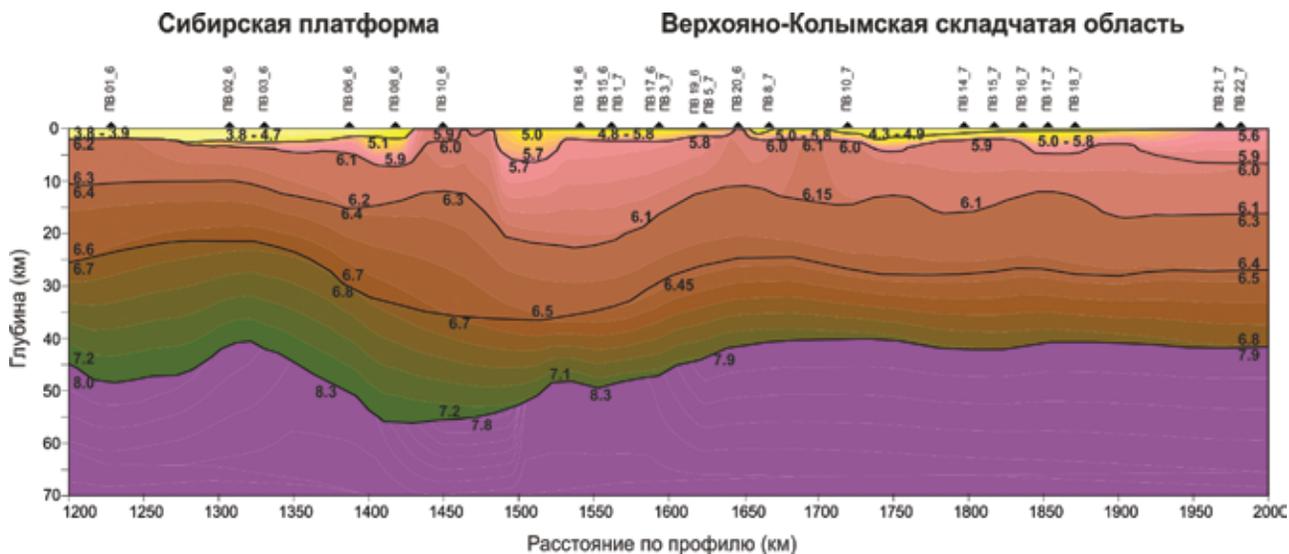


Рис. 9. Фрагмент скоростной модели земной коры и верхней мантии по профилю 3-ДВ в зоне сочленения Сибирской платформы и Верхояно-Колымской складчатой области [22]. Профиль 7

Над разрезом показано положение пунктов взрыва

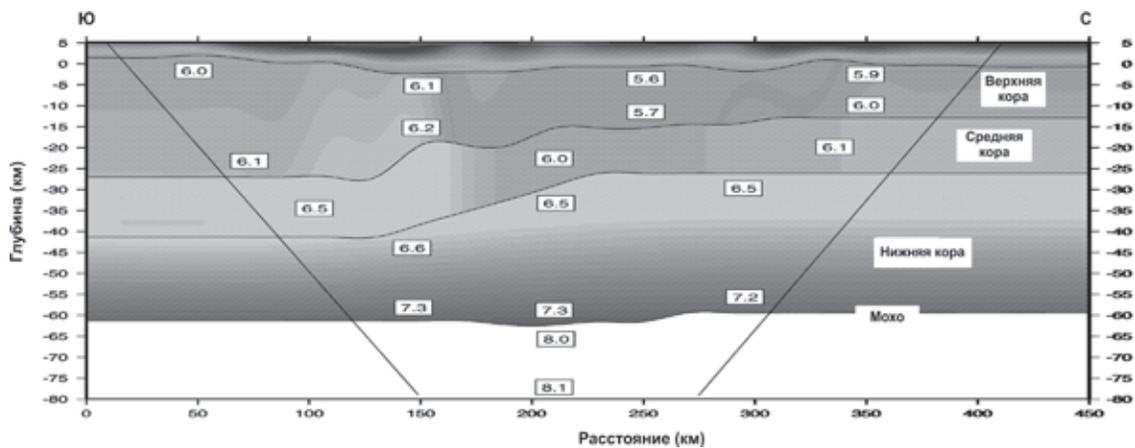


Рис. 10. Скоростной разрез, отражающий строение земной коры и верхней мантии вдоль профиля 8 в пределах Гималайской складчатой области [56]

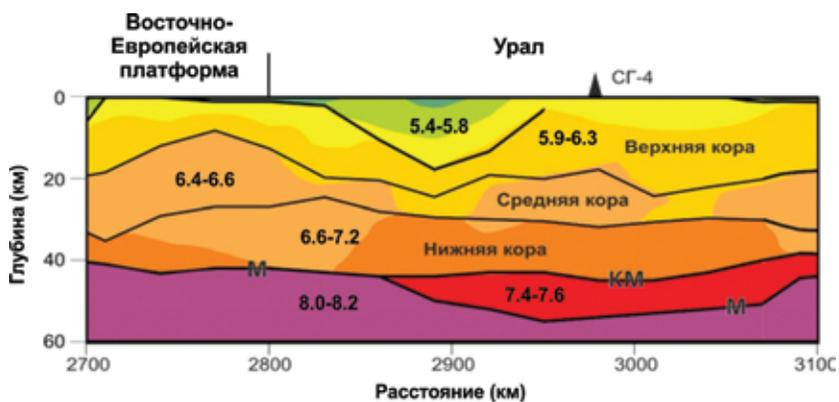


Рис. 11. Фрагмент скоростной модели земной коры и верхней мантии по профилю 9, пересекающему Уральский складчатый пояс [5]

например, хр. Ломоносова и поднятие Менделеева (рис. 8).

Континентальная природа земной коры хр. Ломоносова признается практически всеми исследователями Арктики [34, 50]. В настоящее время хр. Ломоносова рассматривается как подводные продолжения окраин Евразийского континента и Гренландии, смыкающиеся в виде хр. Ломоносова в глубоководной части Арктического бассейна.

Земная кора системы поднятий Альфа-Менделеева, исследованная в последнее время по ряду профилей ГСЗ [11, 17, 31, 39], также соответствует континентальному типу, однако отличается от типичной континентальной коры увеличенной мощностью её нижней части (по В.В. Белоусову, вследствие «базификации»). Ныне предполагается, что эта особенность глубинного строения Центрально-Арктических поднятий обусловлена базитовой переработкой сиалической континентальной коры, в частности андерплейтингом, формированием в коре периферических базальтовых очагов и внедрением мафических комплексов в период появления в этой части Арктики обширной меловой магматической провинции HALIP (High Arctic Large Igneous Province) [14, 26, 29, 30, 49].

Третья группа объединяет 8- и 9-й подтипы, характеризующиеся нормальной континентальной корой платформ и их обрамляющих окраинных складчатых областей на суше и шельфе. Они занимают основную часть Северо-Восточной Азии и различаются количеством слоев, выделяемых в кристаллической коре. Так, подтип 8 представлен Верхояно-Чукотской и Амурской складчатыми областями с прилегающими восточно-арктическим и дальневосточным шельфами. Мощность земной коры для этого подтипа не превышает 35–40 км, а в кристаллической коре, как правило, выделяется верхняя и нижняя кристаллическая кора [18, 24]. К подтипу 9 отнесены Западно-Сибирская плита, Сибирский кратон, Омолонский блок, Казахстанская складчатая область и другие регионы Центральной и Восточной Азии, земная кора которых характеризуется суммарной мощностью 40–45 км [2] и, как правило, трехслойным строением (рис. 9).

Четвертая группа – это подтипы земной коры протяженных внутриконтинентальных областей (коллизийных складчатых поясов) и пограничных зон с заметно утолщенной корой – подтипы 10–12. Все три подтипа различаются количеством слоев, выделяемых в кристаллической коре. Подтип 10 объединяет Тянь-Шанскую и Алтае-Саянскую складчатые области с трехслойной (верхняя–средняя–нижняя) кристаллической корой мощностью 50 км и более [6, 55]. Подтип 11 (рис. 10) включает Гималае-Тибетскую складчато-надвиговую область с наиболее мощной корой (более 70 км) [40].

К подтипу 12 отнесены Уральский складчатый пояс с суммарной мощностью земной коры около 55 км, в которой под трехслойной кристаллической корой устойчиво выделяются корово-мантийный слой [5, 7, 28] (рис. 11), а также Енисейская и Предверхоянская «пограничные зоны» вдоль западной и северо-восточной границ Сибирского кратона [8].

Таким образом, сейсмические исследования в Центральной и Северо-Восточной Азии, а также в дальневосточной и арктической областях перехода континент–океан выявили существенную

неоднородность структуры земной коры, которая позволяет выделять вполне определенные ее типы и подтипы. Выполненные построения показали закономерное уменьшение суммарной мощности земной коры от центральной части Евразии к ее дальневосточной окраине и далее к Тихому океану. При этом уменьшение мощности консолидированной коры связано с переходом от преимущественно трехслойной кристаллической коры в центре континента к двухслойной консолидированной коре на окраине континента и в пределах шельфовых морей. Установленные закономерности и выделенные типы и подтипы коры могут быть использованы для совершенствования геологических и прогнозно-минерогенических построений в Центральной и Северо-Восточной Азии и в сопряженных с ней дальневосточной и арктической областях перехода континент–океан.

1. Алейников А.Л., Немзоров Н.И., Кашубин С.Н. Способ определения типа горных пород по сейсмическим данным. – Авт. свид. № 1642416 А1 кл. G 01 V1/30. 1991.

2. Атлас «Опорные геолого-геофизические профили России». Глубинные сейсмические разрезы по профилям ГСЗ, отработанным в период с 1972 по 1995 год. Электронное издание. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. – 94 с. URL: <http://www.vsegei.ru/ru/info/seismic> (дата обращения: 06.10.2017).

3. Белоусов В.В., Павленкова Н.И. Типы земной коры Европы и Северной Атлантики // Геотектоника. 1989. № 3. – С. 3–14.

4. Вольвовский Б.С., Вольвовский И.С. Структуры континентов с «безграничным» типом земной коры // Геодинамические исследования. Проблемы глубинной геологии территории СССР. Вып. 12. – М., 1988. – С. 169–187.

5. Геотраверс «ГРАНИТ»: Восточно-Европейская платформа – Урал – Западная Сибирь (строение земной коры по результатам комплексных геолого-геофизических исследований) / под ред. С.Н. Кашубина. – Екатеринбург, 2002. – 312 с.

6. Глубинное строение территории СССР / отв. ред. В.В. Белоусов, Н.И. Павленкова, Г.И. Квятковская. – М.: Наука, 1991. – 224 с.

7. Дружинин В.С., Каретин Ю.С., Кашубин С.Н. Глубинное геокартинирование Уральского региона по данным ГСЗ // Регион. геология и металлогения. 2000. № 10. – С. 152–161.

8. Егоркин А.В., Акиншина Л.В., Артеменко Л.С. и др. Строение кристаллической коры Сибири по линии Ханты-Мансийск – Лена // Разведка и охрана недр. 2002. № 2. – С. 32–33.

9. Егоркин А.В., Разинкова М.И. Прикаспийская впадина. Сейсмические модели основных геоструктур территории СССР / под ред. С.М. Зверева, И.П. Косминской – М.: Наука, 1980. – С. 90–96.

10. Кашубин С.Н., Павленкова Н.И., Петров О.В. и др. Типы земной коры Циркумполярной Арктики // Регион. геология и металлогения. 2013. № 55. – С. 5–20.

11. Кашубин С.Н., Петров О.В., Артемьева И.М. Глубинное строение земной коры и верхней мантии поднятия Менделеева по профилю ГСЗ Арктика-2012 // Регион. геология и металлогения. 2016. № 65. – С. 16–35.

12. Кашубин С.Н., Сакулина Т.С., Павленкова Н.И., Лукашин Ю.П. Особенности волновых полей продольных и поперечных волн при глубинных сейсмических исследованиях на акваториях // Технологии сейсморазведки. 2011. № 4. – С. 88–102.

13. Кулинич Р.Г., Валитов М.Г. Мощность и типы земной коры Японского моря по данным морской спутниковой гравиметрии // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 6. – С. 3–13.

14. Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.Н. и др. Новые геологические данные, обосновывающие конти-

- ментальную природу области Центрально-Арктических поднятий // Регион. геология и металлогения. 2013. № 53. — С. 34–55.
15. Павленкова Н.И., Кашубин С.Н., Павленкова Г.А. Земная кора глубоких платформенных впадин Северной Евразии и природа их формирования // Физика Земли. 2016. № 5. — С. 150–164.
16. Павленкова Н.И., Павленкова Г.А. Строение земной коры и верхней мантии Северной Евразии по данным сейсмического профилирования с ядерными взрывами. — М.: Геокарт-Геос, 2014. — 191 с.
17. Поселов В.А., Аветисов Г.П., Каминский В.Д. и др. Российские арктические геотраверсы. — СПб.: ВНИИ-Океангеология, 2011. — 172 с.
18. Сакулина Т.С., Верба М.Л., Кашубина Т.В. и др. Комплексные геолого-геофизические исследования на опорном профиле 5-АР в Восточно-Сибирском море // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. — С. 17–23.
19. Сакулина Т.С., Каленич А.П., Атаков А.И. и др. Геологическая модель Охотоморского региона по данным опорных профилей 1-ОМ и 2-ДВ-М // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. — С. 11–17.
20. Сакулина Т.С., Кашубин С.Н., Петров О.В. и др. Глубинное строение земной коры и верхней мантии Северо-Чукотского прогиба по профилю ГСЗ Dream-line // Регион. геология и металлогения. 2016. № 68. — С. 52–65.
21. Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР / отв. ред. С.М. Зверев, И.П. Косминская. — М.: Наука, 1980. — 84 с.
22. Соловьев В.М., Селезнев В.С., Сальников А.С. и др. Использование эффективных сейсмических моделей сред при работах ГСЗ на опорных профилях в восточной части России // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 4. — С. 74–86.
23. Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPROBE / под ред. А.Ф. Морозова, Н.В. Межеловского, Н.И. Павленковой. Вып. 2. — М.: Геокарт-Геос, 2006. — 735 с.
24. Структура и строение земной коры Магаданского сектора России по геолого-геофизическим данным / под ред. А.С. Сальникова. — Новосибирск: Наука, 2007. — 173 с.
25. Breivik A.J. Caledonide development offshore—onshore Svalbard based on ocean bottom seismometer, conventional seismic and potential field data / A.J. Breivik, R. Mjelde, P. Grogan, H. Shimamura, Y. Murai, Y. Nishimura // Tectonophysics. 2005. 401. — P. 79–117.
26. Buchan K.L., Ernst R.E. The High Arctic Large Igneous Province (HALIP) Evidence for an associated Giant Radiating Dyke Swarm. LIP of the Month. URL: <http://www.largeigneousprovinces.org/06apr.2006>.
27. Continental Lithosphere: deep seismic reflection / Eds. R. Meissner, L. Brown, H.J. Durbaum, W. Frauke, K. Fucks, E. Seifert. — Geodinamic Series. Vol. 22, Am. Geophys. Union, Washington, D.C. 1991.
28. Druzhinin V.S. The main features of the interface between the crust and the upper mantle in the Middle Urals (in vicinity of the deep drillhole SG-4) / S.N. Kashubin, T.V. Kashubina, V.V. Kolmogorova, G.V. Parygin, A.V. Rybalka, A.M. Tiunova // Tectonophysics. 1997. 269. — P. 259–268.
29. Embry A.F. Mesozoic history of the Arctic Islands / H.P. Trettin (ed.) // Geology of the Innuitian Orogen and Arctic Platform of Canada and Greenland, Geology of Canada. Series 3. — Ottawa, Geological Survey of Canada. 1991. — P. 371–433.
30. Estrada S., Henjes-Kunst F., Höhndorf A. Cretaceous volcanites from the Canadian Arctic islands: magmatism related to the opening of the Arctic Ocean // Eur. J. Mineral. 1999. Vol. 11. No 1. — P. 66
31. Funck T., Jackson H.R., Shimeld J. The crustal structure of the Alpha Ridge at the transition to the Canadian Polar Margin: Results from a seismic refraction experiment // J. Geophys. Res. 2011. Solid Earth 116. — P. 1–26.
32. International project. Atlas of geological maps of Asia and adjacent areas / Eds. by O.V. Petrov, S., Dong, E.A. Kiselev, A.F. Morozov. — St. Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2016. — 48 p.
33. Iwasaki T., Levin V., Nikulin A., Iidaka T. Constraints on the Moho in Japan and Kamchatka // Tectonophysics. 2013. Vol. 609. — P. 184–201.
34. Jackson H.R., Dahl-Jensen T., the LORITA working group. Sedimentary and crustal structure from the Ellesmere Island and Greenland continental shelves onto the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2010. Vol. 182. — P. 11–35.
35. Jokat W., Schmidt-Aursch M.C. Geophysical characteristics of the ultraslow spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2007. Vol. 168. — P. 983–998.
36. Kanao M., Suvorov V.D., Toda S., Tsuboi S. Seismicity, structure and tectonics in the Arctic region // Geosci. Frontiers. 2015. Vol. 6. — P. 665–677.
37. Kashubin S.N. Earth's crust model of the South-Okhotsk Basin by wide-angle OBS data / S.N. Kashubin, O.V. Petrov, A.V. Rybalka, E.D. Milshtein, S.P. Shokalsky, M.L. Verba, E.O. Petrov // Tectonophysics. 2017. 710–711. — P. 37–55.
38. Kostyuchenko S.L., Egorkin A.V., Solodilov L.N. Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data // Tectonophysics. 1999. 313. — P. 9–28.
39. Lebedeva-Ivanova N.N., Zamansky Y.Y., Langinen A.E., Sorokin M.Y. Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82 °N: Evidence of continental crust / Geophys. J. Int. 2006. 165. — P. 527–544.
40. Li S., Mooney W.D., Fan J. Crustal structure of mainland China from deep seismic sounding data // Tectonophysics. 2006. Vol. 420. — P. 239–252.
41. Ljones F. Crustal transect from the North Atlantic Knipovich Ridge to the Svalbard Margin west of Hornsund / F. Ljones, A. Kuwano, R. Mjelde, A. Breivik, H. Shimamura, Y. Murai, Y. Nishimura // Tectonophysics. 2004. Vol. 378. — P. 17–41.
42. McNutt M., Caress D.W. Crust and Lithospheric Structure — Hot Spots and Hot-Spot Swells. Treatise on Geophysics. Seismology and Structure of the Earth / Eds. B. Romanowicz & A. Dziewonski. — Elsevier, 2007. Vol. 1. — P. 445–478.
43. Meissner R. The continental crust, a geophysical approach. — Orlando: Academic Press, INC, 1986. — 426 p. (International Geophys. Series. Vol. 34).
44. Milshteyn E., Androsov E., Erinchek Y. et al. Earth's Crust Thickness of North, Central and East Asia // 34th International Geological Congress (abstracts). 5–10 August 2012. Brisbane, Australia, 2012. — P. 963.
45. Miura S. Structural characteristics of Miyagi forearc region, the Japan Trench seismogenic zone, deduced from a wide-angle reflection and refraction study / S. Miura, S. Takahashi, A. Nakanishi, T. Tsuru, S. Kodaira, Y. Kaneda // Tectonophysics. 2005. Vol. 407. — P. 165–188.
46. Mjelde R. Crustal structure and evolution of the outer More Margin, NE Atlantic / R. Mjelde, T. Raum, A. Kandilarov, Y. Murai, T. Takanami // Tectonophysics. 2009. Vol. 468. — P. 224–243.
47. Mooney W.D. Crust and Lithospheric Structure — Global Crustal Structure // Treatise on Geophysics. Vol. 1: Seismology and Structure of the Earth / Eds. by B. Romanowicz & A. Dziewonski. — Elsevier, 2007. — P. 361–417.
48. Nakanishi A. Crustal evolution of the southwestern Kuril Arc, Hokkaido Japan, deduced from seismic velocity and geochemical structure / A. Nakanishi, E. Kurashimo, Y. Tatsumi, H. Yamaguchi, S. Miura, S. Kodaira, K. Obana, N. Takahashi, T. Tsuru, Y. Kaneda, T. Iwasaki, N. Hirata // Tectonophysics. 2009. Vol. 472. — P. 105–123.
49. Petrov O. Crustal structure and tectonic model of the Arctic region / O. Petrov, A. Morozov, S. Shokalsky, S. Kashubin, I.M. Artemeva, N. Sobolev, E. Petrov, R.E. Ernst, S. Sergeev, M. Smelror // Earth-Sci. Rev. 2016. Vol. 154. — P. 29–71.
50. Poselov V., Butsenko V., Chernykh A. et al. The structural integrity of the Lomonosov Ridge with the North American and Siberian continental margins // ICAM VI: Proceedings of the Intern. Conf. on Arctic Margins VI (Fairbanks, Alaska, May 2011). 2014. — P. 233–258.
51. Roslov Yu.V., Sakoulina T.S., Pavlenkova N.I. Deep seismic investigations in the Barents and Kara Seas // Tectonophysics. 2009. Vol. 472. — P. 301–308.

52. Takahashi N. Structural variations of arc crusts and rifted margins in the southern Izu-Ogasawara arc-back arc system / N. Takahashi, S. Kodaira, Y. Tatsumi, M. Yamashita, T. Sato, Y. Kaiho., S. Miura, T. No, K. Takizawa, Y. Kaneda // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2009. 10. Q09X08. doi: 10.1029/2008GC002146.

53. Teng J. Investigation of the Moho discontinuity beneath the Chinese mainland using deep seismic sounding profiles / J. Teng, Z. Zhang, X. Zhang, C. Wang, R. Gao, B. Yang, Y. Qiao, Y. Deng // *Tectonophysics.* 2013. 609. — P. 202–216.

54. Wang T.K., Chen M-K., Lee C-S., Xia K. Seismic imaging of the transitional crust across the northeastern margin of the South China Sea // *Tectonophysics.* 2006. Vol. 412. — P. 237–254.

55. Wang Y., Mooney W.D., Yuan X., Coleman R.G. The crustal structure from the Altai Mountains to the Altyn Tagh fault, Northwest China // *J. Geophys. Res.* 2003. 108 (B6). 2322. doi: 10.1029/2001jb000552.

56. Zhao W. Crustal structure of Central Tibet as derived from project INDEPTH wide-angle seismic data / W. Zhao, J. Mechie, L.D. Brown, J. Guo, T. Haines, T. Hearn, S.L. Klemperer, Y.S. Ma, R. Meissner, K.D. Nelson, J.F. Ni, P. Pananont, R. Rapine, A. Ross, J. Saul // *Geophys. J. Int.* 2001. Vol. 145. — P. 486–498.

1. Aleinikov A.L., Nemzorov N.I., Kashubin S.N. Sposob opredeleniya tipa gornyh porod po sejsmicheskim dannym [Method for rock type determination from seismic data]. Authors' certificate No 1642416 A1 cl. G 01 V1/30. 1991.

2. Atlas «Opornye geologo-geofizicheskie profilii Rossii». Glubinnye sejsmicheskie razrezy po profilyam GSZ, otrabotannym v period s 1972 po 1995 god. Ehlektronnoe izdanie [Atlas «Geological and Geophysical Survey Base Lines of Russia». Deep seismic sections along the DSS lines worked out from 1972 to 1995. Electronic edition]. St. Petersburg: VSEGEI. 2013. 94 p. <http://www.vsegei.ru/ru/info/seismic> (circulation date: 06.10.2017).

3. Belousov V.V., Pavlenkova N.I. Crustal types of Europe and the North Atlantic. *Geotektonika.* 1989. No 3, pp. 3–14. (In Russian).

4. Volvovsky B.S., Volvovsky I.S. Structures of continents with the «graniteless» crust type. *Geodynamic Studies. Problems of Deep Geology of the USSR. Iss. 12.* Moscow. 1988. Pp. 169–187. (In Russian).

5. Geotravers «GRANIT»: Vostochno-Evropejskaya platforma – Ural – Zapadnaya Sibir' (stroenie zemnoj kory po rezul'tatam kompleksnyh geologo-geofizicheskikh issledovanij) [«GRANITE» Geotraverse: Eastern European Platform – Urals – West Siberia (crustal structure from results of integrated geological and geophysical exploration)]. Ed. by S.N. Kashubin. Ekaterinburg. 2002. 312 p.

6. Glubinnoe stroenie territorii SSSR [Deep Structure of the USSR]. Eds. by V.V. Belousov, N.I. Pavlenkova, G.I. Kvyatkovskaya. Moscow: Nauka. 1991. 224 p.

7. Druzhinin V.S., Karetin Yu.S., Kashubin S.N. Deep geomapping of the Ural region from DSS. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2000. No 10, pp. 152–161. (In Russian).

8. Egorkin A.V., Akinshina L.V., Artemenko L.S., Danilova T.I. i dr. Crystalline crust structure of Siberia along the Khanty-Mansiysk – Lena line. *Razvedka i ohrana nedr.* 2002. No 2, pp. 32–33. (In Russian).

9. Egorkin A.V., Razinkova M.I. Prikaspijskaya vpadina. Sejsmicheskie modeli osnovnyh geostruktur territorii SSSR [Cis-Caspian depression. Seismic models of major geostuctures of the USSR]. Eds. by S.M. Zverev, I.P. Kosminskaya. Moscow: Nauka. 1980. Pp. 90–96.

10. Kashubin S.N., Pavlenkova N.I., Petrov O.V., Milshstein E.D., Shokalsky S.P., Erinchek Yu.M. Crustal types of the Circumpolar Arctic. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2013. No 55, pp. 5–20. (In Russian).

11. Kashubin S.N., Petrov O.V., Artemieva I.M., Morozov A.F., Vyatkina D.V., Golysheva Yu.S., Kashubina T.V., Milshtein E.D., Rybalka A.V., Erinchek Yu.M., Sakulina T.S., Krupnova N.A. Deep structure of the Earth's crust and upper

mantle of the Mendeleev Rise along the Arctic 2012 DSS line. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2016. No 65, pp. 16–35. (In Russian).

12. Kashubin S.N., Sakulina T.S., Pavlenkova N.I., Lushkin Yu.P. Peculiar features of wave fields of P- and S-waves in deep seismic studies in water areas. *Tekhnologii sejsmorazvedki.* 2011. No 4, pp. 88–102. (In Russian).

13. Kulinich R.G., Valitov M.G. Crust thickness and types of the Sea of Japan from marine satellite gravimetry. *Tihokeanskaya geologiya.* 2011. Vol. 30. No 6, pp. 3–13. (In Russian).

14. Morozov A.F., Petrov O.V., Shokalsky S.P., Kashubin S.N., Kremenetsky A.A., Shkatov M.Yu., Kaminsky V.D., Gusev E.A., Griukurov G.E., Recant P.V., Shevchenko S.S., Sergeev S.A., Shatov V.V. New geological data, substantiating the continental nature of the Central Arctic uplifts area. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2013. No 53, pp. 34–55. (In Russian).

15. Pavlenkova N.I., Kashubin S.N., Pavlenkova G.A. The Earth's crust of deep platform depressions of North Eurasia and the nature of their formation. *Fizika Zemli.* 2016. No 5, pp. 150–164. (In Russian).

16. Pavlenkova N.I., Pavlenkova G.A. Stroenie zemnoj kory i verhnjej mantii Severnoj Evrazii po dannym sejsmicheskogo profilirovaniya s yadernymi vzryvami [Structure of the Earth's Crust and Upper Mantle of North Eurasia from Data of Seismic Profiling with Nuclear Explosions]. Moscow: GEOKART-GEOS. 2014. 191 p.

17. Poselov V.A., Avetisov G.P., Kaminsky V.D. i dr. Rossijskie arkticheskie geotraversy [Russian Arctic Geotraverses]. St. Petersburg: VNIIOkeangeologia. 2011. 172 p.

18. Sakulina T.S., Verba M.L., Kashubina T.V., Krupnova N.A., Tabyrtsa S.N., Ivanov G.I. Integrated geological and geophysical exploration along 5-AR survey base line in the East Siberian Sea. *Razvedka i ohrana nedr.* 2011. No 10, pp. 17–23. (In Russian).

19. Sakulina T.S., Kalenich A.P., Atakov A.I., Tikhonova I.M., Krupnova N.A., Pyzh'yanova T.M. Geological model of the Okhotsk Sea region from data of 1-OM and 2-DV-M survey base lines. *Razvedka i ohrana nedr.* 2011. No 10, pp. 11–17. (In Russian).

20. Sakulina T.S., Kashubin S.N., Petrov O.V., Morozov A.F., Krupnova N.A., Dergunov N.T., Razmatova A.V., Tabyrtsa S.N., Kashubina T.V., Yavarova T.M. Deep structure of the Earth's crust and upper mantle of the North Chukchi Trough along the DSS Dream-line. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2016. No 68, pp. 52–65. (In Russian).

21. Sejsmicheskie modeli litosfery osnovnyh geostruktur teppitopii SSSP [Seismic Models of the Lithosphere of Major Geostuctures in the USSR]. Chief Editors S.M. Zverev, I.P. Kosminskaya. Moscow: Nauka. 1980. 84 p.

22. Soloviev V.M., Seleznev V.S., Salnikov A.S., Kashubina T.V., Shenmayer A.E. Using effective seismic environment models for DSS along survey base lines in the eastern part of Russia. *Geology and Mineral Resources of Siberia.* 2014. No 4, pp. 74–86. (In Russian).

23. Stroenie i dinamika litosfery Vostochnoj Evropy. Rezul'taty issledovanij po programme EUROPROBE [Structure and Dynamics of the East Europe Lithosphere. Results of Studies under the EUROPROBE Program]. Eds. by A.F. Morozov, N.V. Mezhelovsky, N.I. Pavlenko. Iss. 2. Moscow: GEOKART-GEOS. 2006. 735 p.

24. Struktura i stroenie zemnoj kory Magadanskogo sektora Rossii po geologo-geofizicheskim dannym [Crustal Structure of the Magadan Sector of Russia from Geological and Geophysical Data]. Ed. by A.S. Salnikov. Novosibirsk: Nauka. 2007. 173 p.

25. Breivik, A.J. 2005: Caledonide development offshore–onshore Svalbard based on ocean bottom seismometer, conventional seismic and potential field data. In Breivik, A.J., Mjelde, R., Grogan, P., Shimamura, H., Murai, Y., Nishimura, Y. (eds.) *Tectonophysics. Vol. 401.* 79–117.

26. Buchan, K.L., Ernst, R.E. 2006: The High Arctic Large Igneous Province (HALIP) Evidence for an associated Giant Radiating Dyke Swarm. LIP of the Month. URL: <http://www.largeigneousprovinces.org/06apr>.

27. Meissner, R., Brown, L., Durbaum, H.J., Frauke, W., Fucks, K., Seifert E. (eds.). 1991: Continental Lithosphere: deep seismic reflection. *Geodynamic Series. Vol. 22, Am. Geophys. Union, Washington, D.C.*
28. Druzhinin, V.S. 1997: The main features of the interface between the crust and the upper mantle in the Middle Urals (in vicinity of the deep drillhole SG-4). In Kashubin, S.N., Kashubina, T.V., Kolmogorova, V.V., Parygin, G.V., Rybalka, A.V., Tiunova, A.M. (eds.): *Tectonophysics, Vol. 269.* 259–268.
29. Embry, A.F. 1991: Mesozoic history of the Arctic Islands. In Trettin, H.P. (ed.): *Geology of the Innuitian Orogen and Arctic Platform of Canada and Greenland, Geology of Canada 3.* 371–433. Ottawa.
30. Estrada, S., Henjes-Kunst, F., Höhndorf, A. 1999: Cretaceous volcanites from the Canadian Arctic islands: magmatism related to the opening of the Arctic Ocean. *Eur. J. Mineral. Vol. 11.* 1. 66.
31. Funck, T., Jackson, H.R., Shimeld, J. 2011: The crustal structure of the Alpha Ridge at the transition to the Canadian Polar Margin: Results from a seismic refraction experiment. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 116. 1–26.
32. Petrov, O.V., Dong, S., Kiselev, E.A., Morozov, A.F. (eds.) 2016: International project. Atlas of geological maps of Asia and adjacent areas. *St. Petersburg: VSEGEI Publishing House.* 48.
33. Iwasaki, T., Levin, V., Nikulin, A., Iidaka, T. 2013: Constraints on the Moho in Japan and Kamchatka. *Tectonophysics. Vol. 609.* 184–201.
34. Jackson, H.R., Dahl-Jensen, T., the LORITA working group. 2010: Sedimentary and crustal structure from the Ellesmere Island and Greenland continental shelves onto the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean. *Geophys. J. Int. Vol. 182.* 11–35.
35. Jokat, W., Schmidt-Aursch, M.C. 2007: Geophysical characteristics of the ultraslow spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean. *Geophys. J. Int. Vol. 168.* 983–998.
36. Kanao, M., Suvorov, V.D., Toda, S., Tsuboi, S. 2015: Seismicity, structure and tectonics in the Arctic region. *Geoscience Frontiers. Vol. 6.* 665–677.
37. Kashubin, S.N. 2017: Earth's crust model of the South-Okhotsk Basin by wide-angle OBS data. In Kashubin, S.N., Petrov, O.V., Rybalka, A.V., Milshtein, E.D., Shokalsky, S.P., Verba, M.L., Petrov, E.O. (eds.): *Tectonophysics. 710–711.* 37–55.
38. Kostyuchenko, S.L., Egorin, A.V., Solodilov, L.N. 1999: Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data. *Tectonophysics. 313.* 9–28.
39. Lebedeva-Ivanova, N.N., Zamansky, Y.Y., Langinen, A.E., Sorokin, M.Y. 2006: Seismic profiling across the Mendeleev Ridge at 82 °N: Evidence of continental crust. *Geophys. J. Int. 165.* 527–544.
40. Li, S., Mooney, W.D., Fan, J. 2006: Crustal structure of mainland China from deep seismic sounding data. *Tectonophysics. Vol. 420.* 239–252.
41. Ljones, F. 2004: Crustal transect from the North Atlantic Knipovich Ridge to the Svalbard Margin west of Hornsund. In Ljones, F., Kuwano, A., Mjelde, R., Breivik, A., Shimamura, H., Murai, Y., Nishimura, Y. (eds.): *Tectonophysics. Vol. 378.* 17–41.
42. McNutt, M., Caress, D.W. 2007: Crust and Lithospheric Structure – Hot Spots and Hot-Spot Swells. *Treatise on Geophysics. In Romanowicz, B., Dziewonski, A. (eds.): Seismology and Structure of the Earth. Vol. 1.* Elsevier. 445–478.
43. Meissner, R. 1986: The continental crust, a geophysical approach. *International Geophys. Series. Vol. 34.* 426. Orlando. Academic Press, INC.
44. Milshteyn, E., Androsov, E., Erinchek, Y. et al. 2012: Earth's Crust Thickness of North, Central and East Asia. *34th International Geological Congress (abstracts). 5–10 August. Brisbane, Australia.* 963.
45. Miura, S. 2005: Structural characteristics of Miyagi forearc region, the Japan Trench seismogenic zone, deduced from a wide-angle reflection and refraction study. In Miura, S., Takahashi, S., Nakanishi, A., Tsuru, T., Kodaira, S., Kaneda, Y. (eds.): *Tectonophysics. Vol. 407.* 165–188.
46. Mjelde, R. 2009: Crustal structure and evolution of the outer More Margin, NE Atlantic. In Mjelde, R., Raum, T., Kandilarov, A., Murai, Y., Takanami, T. (eds.): *Tectonophysics. Vol. 468.* 224–243.
47. Mooney, W.D. 2007: Crust and Lithospheric Structure – Global Crustal Structure. In Romanowicz, B., Dziewonski, A. (eds.): *Treatise on Geophysics. Vol. 1: Seismology and Structure of the Earth.* Elsevier. 361–417.
48. Nakanishi, A. 2009: Crustal evolution of the southwestern Kuril Arc, Hokkaido Japan, deduced from seismic velocity and geochemical structure. In Nakanishi, A., Kurashimo, E., Tatsumi, Y., Yamaguchi, H., Miura, S., Kodaira, S., Obana, K., Takahashi, N., Tsuru, T., Kaneda, Y., Iwasaki, T., Hirata, N. (eds.): *Tectonophysics. Vol. 472.* 105–123.
49. Petrov, O. 2016: Crustal structure and tectonic model of the Arctic region. In Petrov, O., Morozov, A., Shokalsky, S., Kashubin, S., Artemeva, I.M., Sobolev N., Petrov, E., Ernst, R.E., Sergeev, S., Smelror, M. (eds.): *Earth-Sci. Rev. Vol. 154.* 29–71.
50. Poselov, V., Butsenko, V., Chernykh, A. et al. 2014: The structural integrity of the Lomonosov Ridge with the North American and Siberian continental margins. *ICAM VI: Proceedings of the International Conference on Arctic Margins VI (Fairbanks, Alaska, May 2011).* 233–258.
51. Roslov, Yu.V., Sakoulina, T.S., Pavlenkova, N.I. 2009: Deep seismic investigations in the Barents and Kara Seas. *Tectonophysics. Vol. 472.* 301–308.
52. Takahashi, N. 2009: Structural variations of arc crusts and rifted margins in the southern Izu-Ogasawara arc-back arc system. In Takahashi, N., Kodaira, S., Tatsumi, Y., Yamashita, M., Sato, T., Kaiho, Y., Miura, S., No, T., Takizawa, K., Kaneda, Y. (eds.): *Geochem. Geophys. Geosyst. Vol. 10.* Q09X08. doi: 10.1029/2008GC002146.
53. Teng, J. 2013: Investigation of the Moho discontinuity beneath the Chinese mainland using deep seismic sounding profiles. In Teng, J., Zhang, Z., Zhang, X., Wang, C., Gao, R., Yang, B., Qiao, Y., Deng, Y. (eds.): *Tectonophysics. Vol. 609.* 202–216.
54. Wang, T.K., Chen, M-K., Lee, C-S., Xia, K. 2006: Seismic imaging of the transitional crust across the northeastern margin of the South China Sea. *Tectonophysics. Vol. 412.* 237–254.
55. Wang, Y., Mooney, W.D., Yuan, X., Coleman, R.G. 2003: The crustal structure from the Altay Mountains to the Altyn Tagh fault, northwest China. *J. Geophys. Res. Vol. 108* (B6). 2322. doi: 10.1029/2001jb000552.
56. Zhao, W. 2001: Crustal structure of central Tibet as derived from project INDEPTH wide-angle seismic data. In Zhao, W., Mechie, J., Brown, L.D., Guo, J., Haines, T., Hearn, T., Klemperer, S.L., Ma, Y.S., Meissner, R., Nelson, K.D., Ni, J.F., Pananont, P., Rapine, R., Ross, A., Saul, J. (eds.): *Geophys. J. Int. Vol. 145.* 486–498.

Кашубин Сергей Николаевич – доктор геол.-минер. наук, профессор, зам. ген. директора, ВСЕГЕИ ¹.
<sergey_kashubin@vsegei.ru>

Петров Олег Владимирович – доктор. геол.-минер. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ ¹.
<vsegei@vsegei.ru>

Мильштейн Евгения Дововна – канд. геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ ¹. <evgenia_milshtein@vsegei.ru>

Андросов Евгений Александрович – вед. геофизик, ВСЕГЕИ ¹. <evgeiy_androsov@vsegei.ru>

Винокуров Илья Юрьевич – канд. геол.-минер. наук, зам. зав. отделом, ВСЕГЕИ ¹. <ilia_vinokurov@vsegei.ru>

Шокальский Сергей Павлович – канд. геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ ¹. <sergey_shokalsky@vsegei.ru>

Kashubin Sergej Nikolaevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Deputy Director General, VSEGEI ¹.
<sergey_kashubin@vsegei.ru>
Petrov Oleg Vladimirovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, VSEGEI ¹. <vsegei@vsegei.ru>
Milshtein Evgenia Dovovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI ¹.
<evgenia_milshtein@vsegei.ru>
Androsov Evgeniy Aleksandrovich – Lead Geophysicist, VSEGEI ¹. <evgeiy_androsov@vsegei.ru>
Vinokurov Ilya Yurievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of the entire department, VSEGEI ¹. <ilia_vinokurov@vsegei.ru>
Shokalsky Sergey Pavlovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI ¹.
<sergey_shokalsky@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.