

Р. Б. СЕРЖАНТОВ (Роснедра), С. Н. КАШУБИН, Ю. М. ЭРИНЧЕК,
В. Ю. ТАТАРИНОВ, Е. Д. МИЛЬШТЕЙН (ВСЕГЕИ)

ГЛУБИННОЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕДР РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

Перечислены основные научные исследования глубоких горизонтов земной коры на основе создания государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин – наиболее эффективные методы изучения тектонического развития Земли, ее геодинамического режима, связи глубинных процессов и приповерхностных явлений. Общий объем сверхдлинных профилей ГСЗ, выполненных в России до 1994 г., составляет около 57 000, современных комплексных геолого-геофизических профилей – свыше 27 500 пог. км. Пробурено более 10 сверхглубоких и параметрических скважин. Приведены основные результаты работ по главным регионам страны, в том числе по Восточной Арктике, с целью получения дополнительных геолого-геофизических данных для обновления заявки на установление внешней границы континентального шельфа.

Ключевые слова: *опорный геолого-геофизический профиль, земная кора, глубинные сейсмические исследования, сверхглубокие и параметрические скважины.*

Investigation of deep crustal interfaces on the basis of the State network of geological and geophysical transects, parametric and super-deep wells is one of the most effective methods for studying the tectonic evolution of the Earth, its geodynamic regime, association of deep processes and near-surface phenomena. The main tasks facing these studies are listed. The total amount of super-long DSS lines performed in Russia until 1994 is about 57,000 linear km, modern integrated geological and geophysical lines – over 27,500 linear km. More than 10 super-deep and parametric wells were drilled. The fundamental results of work in the main regions of the country are given, including the Eastern Arctic in order to obtain additional geological and geophysical data to update the submission for establishment of the outer limits of the continental shelf.

Key words: *geological-geophysical transect, Earth's crust, deep seismic investigations, super-deep and parametric wells.*

Исследование глубоких горизонтов земной коры на основе создания государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин – один из наиболее эффективных методов изучения тектонического развития Земли, ее геодинамического режима, связи глубинных процессов и приповерхностных явлений, разработки глубинных критериев прогнозирования и поисков полезных ископаемых и объединения указанных факторов в рамках единой теории процессов образования месторождений. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию уделяли и уделяют этому большое внимание. Первый в мире проект по глубинным сейсмическим исследованиям земной коры осуществлен в Советском Союзе под руководством академика Г. А. Гамбурцева в 1949 г. на профиле Иссык-Куль–Балхаш.

Условно можно выделить три периода развития глубинных геолого-геофизических исследований в России:

– первый период (1960–1971 гг.) – выполнение работ методом глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) на отдельных профилях в пределах Урала, Западной и Восточной Сибири, Средней Азии и Украины, в Охотоморском регионе по непрерывным системам наблюдений с редким расположением пунктов взрыва или по системам

точечных зондирований. Сформулированы самые первые представления о глубинном строении изучаемых территорий и разработаны основы производственной методики таких работ;

– второй период (1972–1993 гг.) – принятие в 1972 г. программы «Система регионального изучения коры и верхней мантии вдоль геотраверсов, проложенных через районы бурения глубоких и сверхглубоких скважин» [5] и начало систематического широкомасштабного изучения глубинного строения литосферы сейсмическими методами (в том числе с использованием мирных ядерных взрывов до объявления в 1991 г. моратория на ядерные испытания) и глубокими скважинами. Отработано более 70 тыс. пог. км. профилей ГСЗ-МОВЗ. Глубокое и сверхглубокое бурение, в первую очередь по Кольской сверхглубокой скважине, дало мощный импульс к геологическому переосмыслению результатов глубинной геофизики.

Однако полученные результаты перестали в полной мере удовлетворять требованиям геологической науки и практики. Для надежного прогнозирования и обнаружения новых рудных областей, зон, районов и геологических таксонов разного ранга потребовались повышение информативности и детальности глубинных геологических и геофизических методов, выявление малокоонтрастных признаков изменения геологической среды. С 1990-х годов начали более широко применять глубинные сейми-

ческие исследования методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ-ОГТ), что значительно увеличило объем детальной геофизической информации по структуре всей земной коры;

– третий период (современный) – с 1994 г. по настоящее время, когда готовились и были приняты правительством Российской Федерации «Федеральная целевая программа (ФЦП) развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации на 1994–2000 гг.» и соответствующее решение о создании государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин на территории основных минерально-сырьевых провинций России [6, 7] по инициативе руководителей управлений Роскомнедра Н. В. Глухоедова и А. В. Липилина.

Государственная сеть опорных профилей задумана как взаимоувязанный каркас протяженных (более тысячи километров) глубинных профилей, опирающихся на глубокие и сверхглубокие скважины и охватывающих всю территорию Российской Федерации, как сушу, так и акватории [13]. Проект каркаса опорных геолого-геофизических профилей и глубоких скважин разработан в 1995 г. по инициативе и при непосредственном участии академиков РАН И. С. Грамберга, В. С. Суркова и А. Д. Щеглова и по сути определил программу работ на 20–30 лет вперед (рис. 1). Далее перечислим основные задачи этих работ.

Изучение глубинного строения и минерально-сырьевой специализации крупных геологических провинций. Результаты обобщаются в виде мелкомасштабных карт глубинного строения наиболее значимых с точки зрения минерально-сырьевого потенциала геологических провинций и территории России в целом, что служит значительным вкладом в развитие тектонического районирования и оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых страны. Существенно углубились представления о геологическом строении зон перехода от континента к океану, определены границы континентального шельфа, по-новому оценены перспективы освоения его минерально-сырьевой базы. Особую роль эти данные играют при изучении сейсмоактивных регионов, помогают понять специфику глубинного строения очаговых зон и существующих схем сейсмического районирования.

Создание современных комплексных геолого-геофизических, структурно-вещественных и геодинамических моделей земной коры и верхней мантии. Научно-методические разработки, ориентированные на решение конкретных геологических задач при широком внедрении современных компьютерных систем, позволили создать целый ряд новых методико-технологических подходов и перейти от профильных глубинных построений к объемным моделям земной коры и верхней мантии [1, 7]. По-прежнему актуальны и требуют своего разрешения проблемы повышения геологической информативности проводимых глубинных исследований.

Выяснение закономерностей размещения полезных ископаемых относительно глубинных структур. Определение связи нефте- и рудообразования с глубинными процессами – наиболее сложная научная проблема. Сделаны еще только первые шаги. Так, в пределах Яно-Колымской складчатой системы по профилю 2-ДВ выявлена приуроченность известной Балыгычано-Сугойской рудной зоны и

расположенных в ней узлов к глубинным зонам теплопереноса, сопровождающихся потерей корреляции отражений от поверхности Мохо [3]. Та же приуроченность характерна для Карамкенского, Хетинского, Мякит-Хурчанского, Большекупкинского, Коркодонского, Ушельнинского рудных узлов. По этому признаку прогнозируется и Бургачанский рудный узел на Омолонском массиве. Остается серьезная проблема комплексной геолого-геофизической интерпретации полученных данных, без которой невозможно широкое вовлечение богатейших материалов в прогнозные построения.

Геологическое обоснование юридического закрепления внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане. Исследования с целью получения дополнительных геолого-геофизических данных для дополнительной заявки на установление внешней границы континентального шельфа в Северном Ледовитом океане осуществляются с 2004 г.

В комплексных экспедициях в Арктику в 2005–2012 гг. получены свыше 1500 пог. км ГСЗ, более 15 000 пог. км ОГТ, данные съемки рельефа дна (батиметрии) в объеме 12 000 пог. км, а также отобрано более 20 тысяч образцов донно-каменного материала и проведено глубоководное бурение.

Совместно с геологическими службами приарктических государств (США, Канады, Дании, Норвегии) подготовлен макет Тектонической карты Циркумполярной Арктики масштаба 1 : 5 000 000, а также создана модель геодинамической эволюции Арктики [17]. Получен большой объем геофизических и геологических данных, подтверждающих континентальную природу шельфа за пределами 200-мильной зоны [4]. Эти качественно новые геолого-геофизические материалы дополняют российскую заявку 2001 г.

Обеспечение прироста глубинной геолого-геофизической изученности Российской Федерации и ее континентального шельфа. На сегодня государственная сеть опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин объединяет три основных элемента (рис. 1):

– сверхдлинные профили ГСЗ, в том числе с ядерными взрывами, отработанные до 1995 г. Полученная информация о глубинном строении в целом удовлетворяет современным требованиям;

– комплексные опорные геолого-геофизические профили, выполненные на современной аппаратурно-технологической базе;

– сверхглубокие и параметрические скважины, пройденные с 1970-х годов.

Общий объем сверхдлинных профилей ГСЗ, входящих в государственную сеть, оценивается в 57 000 пог. км, общий объем современных комплексных геолого-геофизических профилей к концу 2012 г. составил немногим больше 27 500, из них на акваториях 12 300 и на суше 15 228 пог. км.

Российская часть Восточно-Европейской древней платформы – архей-раннепротерозойский кратон с относительно локальной фанерозойской активизацией – в западной части с севера на юг пересечена современным опорным профилем 1-ЕВ общей протяженностью более 4000 пог. км; Балтийский щит дополнительно изучен субширотным глубинным профилем 4-В [7, 10]. Выявлены особенности глубинного строения Балтийского щита (Кольская и Карельская рудные провинции),

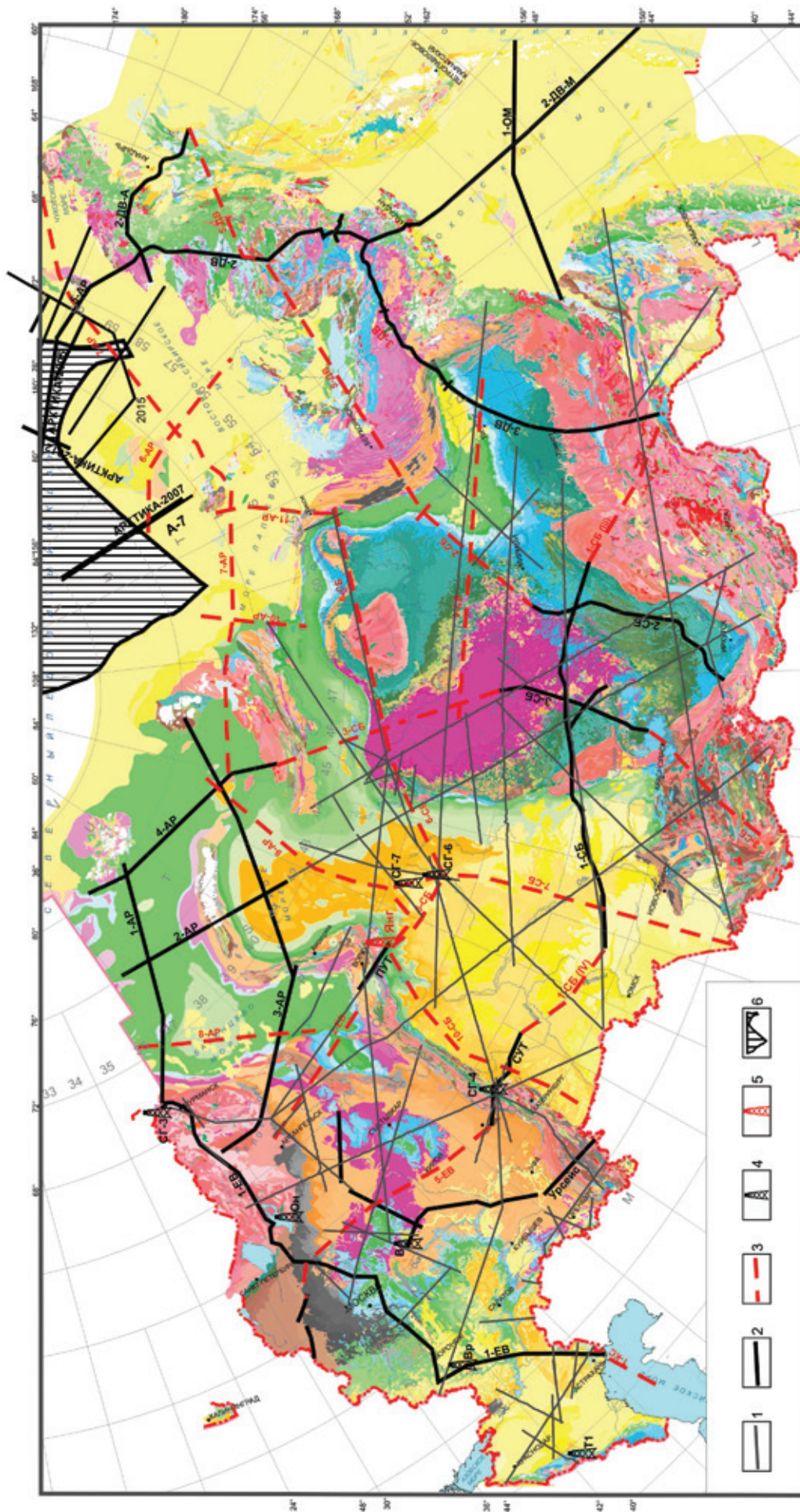


Рис. 1. Схема расположения опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин

1 – глубокие геофизические профили, выполненные многоволновой сейсморазведкой до 1994 г.; 2 – опорные комплексные геолого-геофизические профили, выполненные в 1995–2012 гг.; 3 – опорные комплексные геолого-геофизические профили, намеченные на перспективу; 4 – завершённые сверхглубокие и параметрические скважины (СГ-3 – Кольская, СГ-4 – Уральская, СГ-6 – Тюменская, СГ-7 – Ен-Яхинская, Т1 – Тырныаузская, Вр – Воронежская, Он – Онежская); 5 – параметрические скважины, находящиеся в работе (Янг-Янгиноганская); 6 – комплексные геолого-геофизические исследования для получения дополнительных данных по геологическому обоснованию юридического закрепления внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане (за пределами 200-мильной зоны)

Ладожско-Беломорской моноклизы, Московской синеклизы, Рязано-Саратовского прогиба, Воронежского кристаллического массива (Воронежская рудная провинция), Прикаспийской впадины (нефтегазоносная провинция) и зон сочленения этих структур. Юго-восток платформы в районе Волго-Уральской нефтегазовой провинции изучен современным профилем Татсей, имеется ценная информация о глубинном строении Южно-Татарского и Северо-Татарского сводов Казанско-Кажимского прогиба и Котельнического свода, и что особенно важно, о строении земной коры Ромашкинского нефтяного месторождения-гиганта [12].

Сибирская древняя платформа – архей-раннепротерозойский кратон с мощной фанерозойской активизацией – в южной своей части пересечена системой опорных профилей 1-СБ, 2-СБ и 3-СБ [7]. Профили взаимно пересекаются и, несмотря

на незамкнутость сформированной ими системы, дают объемное представление о глубинном строении региона. Система раскрывает глубинное строение таких крупных минарагенетических провинций, как восточный фланг Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, Енисейская рудная провинция (Енисейский кряж), Байкитская и Непско-Ботубинская нефтегазоносные провинции, Курейская синеклиза, Предпатомский краевой прогиб. Результаты этих исследований стали основой для постановки региональных работ на нефть и газ в зоне строительства трубопроводной системы Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО). На юго-востоке платформы на Алданском кристаллическом щите, северном склоне Алданской антеклизы, южном борту Вилюйской синеклизы проложен опорный профиль 3-ДВ (Южный и Центральный участки).

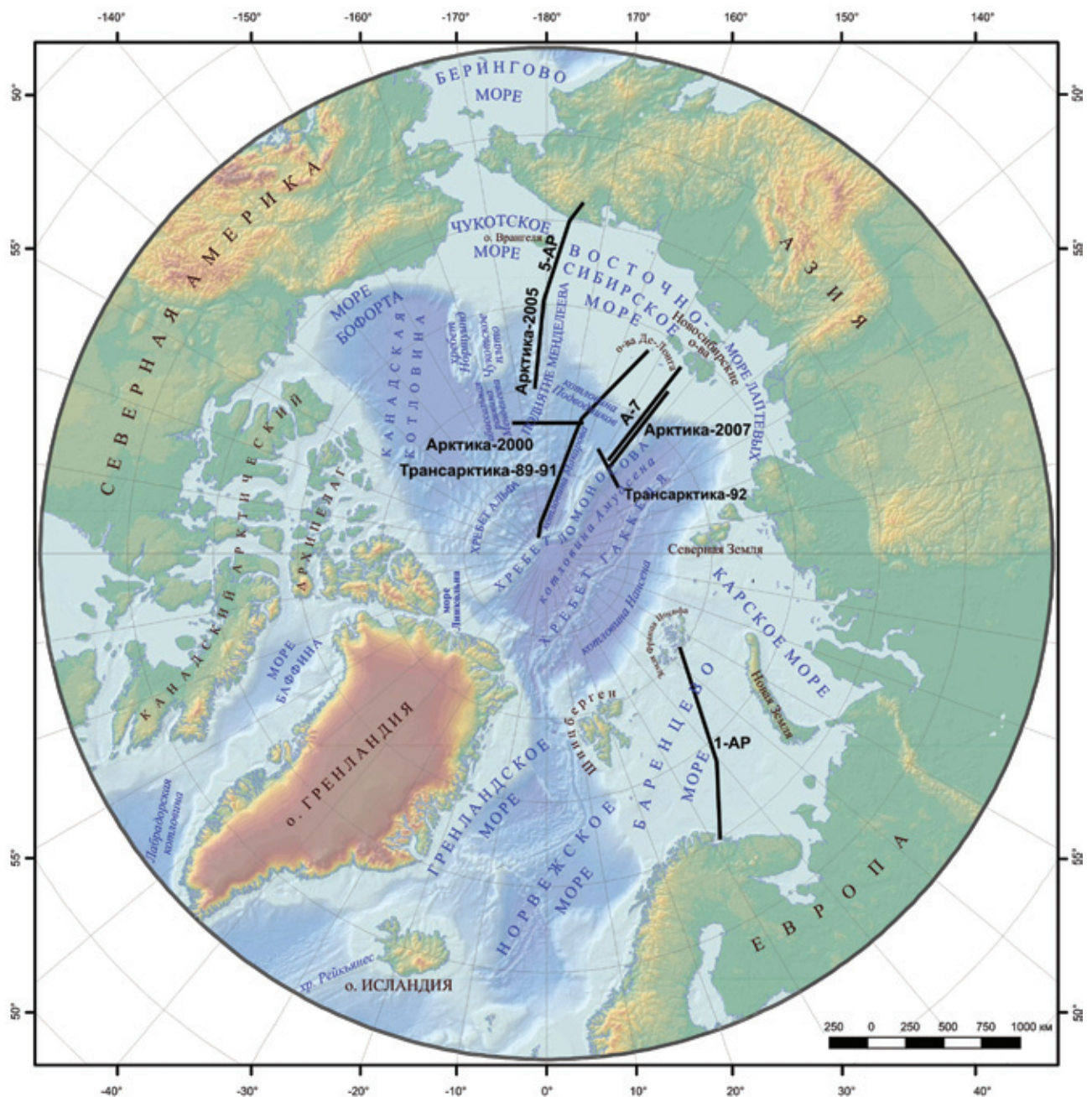


Рис. 2. Схема расположения глубинных профилей ГСЗ в акватории Северного Ледовитого океана

Уральский складчатый пояс – сложнопостроенная линейная складчатая система – пересечена в южной части опорным профилем Уралсейс, в центральной части – композиционным опорным профилем «Среднеуральский трансект» (СУТ) [8], в северной части профилем «Полярноуральский трансект» (ПУТ) [2, 7–9, 14, 15].

На Северо-Востоке страны, до последнего времени оставшемся наименее изученным с точки зрения глубинного строения регионом России, пройдены профили 2-ДВ (Магадан–Билибино) и 2-ДВ-А (Певек–Валунистое–Хатырка). Они пересекли Верхояно-Чукотскую и Корякско-Камчатскую складчатые области, что позволило выявить особенности глубинного строения зоны сочленения Азиатского континента и Тихоокеанского подвижного пояса и оценить внутреннюю структуру консолидированной коры крупных тектонических элементов региона в связи с их различной минерагенической специализацией и её внутренней зональностью [7, 11]. На юге Верхояно-Колымской складчатой области начаты работы по выполнению северо-западного и северо-восточного отрезков протяженного опорного профиля 3-ДВ. Впервые была пересечена глубинными профилями Верхоянская складчатая система и получены объективные характеристики строения ее земной коры.

Баренцево-Карская молодая плита пересечена системой из четырех взаимопересекающихся опорных геолого-геофизических профилей – 1-АР, 2-АР, 3-АР и 4-АР [3, 7, 10]. По сути сформирован каркас опорных геолого-геофизических профилей, увязанный полевыми исследованиями с континентальными опорными профилями, проведены работы суша–море, соединяющие профили 1-АР и 3-АР с опорными профилями 1-ЕВ и 4-В.

Значительный объем глубинных сейсмических исследований выполнен в последнее десятилетие в Восточной Арктике, в том числе в ее глубоководной части. Сеть глубинных исследований здесь представлена сейсмическими профилями Трансарктика-89-91, 92, Арктика-2000, Арктика-2005, Арктика-2007, Арктика-2010, Арктика-2012, 5-АР, А-7 [7, 16] (рис. 2). С учетом сейсмических моделей зарубежных стран проведен ряд обобщений, последнее из них – карта мощности земной коры [4], серия глубинных карт, сопровождающих Тектоническую карту Циркумполярной области [17].

Охотоморская молодая плита и зона перехода от Азиатского континента к Тихому океану пересечена системой взаимно ортогональных опорных морских профилей 2-ДВ-М и 1-ОМ. В совокупности с континентальным профилем 2-ДВ и с учетом работ суша–море получена система, отражающая глубинное строение нескольких складчатых областей наложенного вулканогенного пояса и молодой плиты, и, что особенно важно, получено представление о характере сочленения этих структур.

В различных регионах страны в районах продолжения опорных профилей выполнено бурение ряда сверхглубоких и параметрических скважин, позволивших получить информацию о физических свойствах пород разреза, о природе сейсмических границ и аномалообразующих объектов. Завершена проходка Кольской (12261 м), Уральской (6015 м) и Ен-Яхинской (8250 м) сверхглубоких

скважин, Тимано-Печорской (6905 м), Колвинской (7057 м), Воротиловской (5374 м), Тырныаузской (4001 м), Тюменской (7502 м), Северо-Молоковской (3313 м), Воронежской (3000 м), Онежской (3500 м) параметрических скважин. На границе Полярного Урала и Западно-Сибирской плиты завершается бурение Янгиюганской параметрической скважины (4000 м).

Глубинная изученность территории страны всё-таки остается недостаточной. Требуется дополнительное изучение Верхояно-Колымского региона Северо-Востока страны, зоны сопряжения Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и Урала, севера ВЕП и Восточной Сибири, Западно-Сибирской плиты и складчатых поясов юга и севера Сибири, а также отдельных районов Арктики.

Федеральным агентством по недропользованию разработана программа дальнейшего развития общероссийской сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин (рис. 1), в первую очередь на намечаемых к освоению территориях (включая вышеперечисленные регионы с низкой степенью изученности), с учетом результатов исследований последних лет и в тесной освязи с другими проводимыми в нашей стране региональными геолого-геофизическими исследованиями в соответствии со стадийностью работ.

1. Галуев В.И., Каплан С.А., Никитин А.А. Технология создания физико-геологических моделей земной коры по опорным профилям на основе геоинформационных систем. – М.: ВНИИГеосистем, 2009. – 236 с.
2. Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. – 286 с.
3. Исследования литосферы в работах петербургских геофизиков (Развитие идей академика Г.А. Гамбургцева). – СПб.: ВИРГ-Рудгеофизика – ВНИИОкеангеология, 2003. – 224 с.
4. Кашибин С.Н., Петров О.В., Андросов Е.А. и др. Карта мощности земной коры Циркумполярной Арктики // Регион. геология и металлогения. 2011. № 46. – С. 5–13.
5. Козловский Е.А. Комплексная программа глубинного изучения земных недр // Сов. геология. 1982. № 9. – С. 3–12.
6. Липилин А.В., Аккуратов О.С., Келлер М.Б., Шукин Ю.К. Создание государственной сети опорных геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин // Регион. геология и металлогения. 2000. № 10. – С. 7–11.
7. Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования: Материалы Междунар. науч.-практич. сем. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. – 245 с.
8. Рыбалка А.В., Петров Г.А., Кашибина Т.В. и др. Глубинное строение Урала по данным Полярно-Уральского трансекта // Регион. геология и металлогения. 2011. № 48. – С. 25–36.
9. Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPROBE. – М.: ГЕОКАРТ, GEOS, 2006. – 736 с.
10. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под ред. Н.В. Шарова, Ф.П. Митрофанова, М.Л. Вербы, К. Гиллена. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. – 318 с.
11. Структура и строение земной коры Магаданского сектора России по геолого-геофизическим данным: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука, 2007. – 173 с.
12. Трофимов В.А. Глубинные сейсмические исследования МОГТ как инструмент оценки перспектив нефтегазоносности и поисков крупных скоплений углеводородов // Геология нефти и газа. 2008. № 4 – С. 55–62.

13. Эрнчек Ю.М., Верба М.Л., Мильштейн Е.Д. Концепция изучения глубинного строения литосферы России // Регион. геология и металлогения. 2000. № 10. – С. 68–72.

14. Carbonell R., Perez-Estaun A., Gallart J. et al. A crustal root beneath the Urals: wide-angle seismic evidence // Science. Vol. 274, 1996. – P. 222–224.

15. Kashubin S., Rybalka V., Ryzhy B et al. Deep seismic investigation and geophysical models of the Earth's crust in the Southern Urals. EGS. Annales geophysical. Pt I, Suppl. J. to volume 14. 1996. 52 p.

16. Lebedeva-Ivanova N.N. Geophysical Studies Bearing on the Origin of the Arctic Basin. Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, 729. 80 p.

17. Petrov O., Shokalsky S., Morozov A. et al. TeMAr – International Tectonic Map of the Arctic (a contribution to CGMW Project “Atlas of Geological Maps of Circumpolar Arctic”) // The Sixth Intern. Conf. on Arctic Margins (abstracts), 31 May – 2 June 2011, Fairbanks, Alaska, USA [ftp://ftp.gi.alaska.edu/pub/dstone].

Сержантов Роман Борисович – канд. техн. наук, начальник отдела, Управление геологических основ, науки и информатики (Роснедра). <rserzantov@rosnedra.com>.

Кашубин Сергей Николаевич – доктор геол.-минер. наук, профессор, директор Центра глубинной геофизики, ВСЕГЕИ. <Sergey_Kashubin@vsegei.ru>.

Эрнчек Юрий Маркович – канд. геол.-минер. наук, зам. ген. директора по региональным геофизическим работам, ВСЕГЕИ. <Yuri_Erinchek@vsegei.ru>.

Татаринов Виктор Юрьевич – главный специалист-эксперт, Роснедра. <vtatarinov@rosnedra.com>.

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