

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЮРСКИХ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНО-КАРСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ В СВЯЗИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМ РАЙОНИРОВАНИЕМ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

Л.А. Дараган-Сушова, О.В. Петров, Н.Н. Соболев, Ю.И. Дараган-Сушков*

Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского, 199106, Санкт-Петербург, Средний просп., 74, Россия

** Всероссийский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С. Грамберга, 190121, Санкт-Петербург, Английский просп., 1, Россия*

Приведены новые результаты по строению глубоких горизонтов осадочного чехла Южно-Карской синеклизы, основанные на комплексной интерпретации данных современной сейсморазведки и геологического строения смежных складчатых областей. Для определения структуры волновых полей доюрских осадочных комплексов Южно-Карской синеклизы была привлечена сеть опорных сейсмических профилей, переобработанных по современным программам. Интерпретация волновых полей по сети опорных сейсмических профилей позволила установить принципиальные отличия между волновыми полями Пайхой-Новоземельской моноклизы и Новоземельско-Таймырской террасы, с одной стороны, и Южно-Карской центральной областью впадин и поднятий, с другой. Обосновывается новая схема структурно-тектонического районирования для северной части Западно-Сибирской плиты с выделением областей герцинской и раннекиммерийской консолидации. Рассмотрена история геологического развития Южно-Карской синеклизы и сопредельных территорий в позднепалеозойско-раннеюрское время. Выполненные исследования показали, что герциниды Северного Таймыра захватывают центральную наиболее погруженную область Южно-Карской синеклизы, включая Северо-Сибирский порог. От разновозрастных комплексов наземной части севера Западно-Сибирской плиты они отделены областью раннекиммерийской складчатости Ямало-Пайхойской седловины, которая соединяет Западно-Таймырскую раннекиммерийскую складчатую область с ранними киммеридами Пай-Хоя и Новой Земли.

Пермотриасовые рифты, выделяемые в центральных районах Западной Сибири, не имеют шельфового продолжения. Площадные структурные построения, выполненные по поверхности акустического фундамента, и анализ волновых полей показали, что структуры Южно-Карской синеклизы в пермское и нижнесреднетриасовое время являлись межгорными впадинами и прогибами полуконцентрической и концентрической формы. Они были образованы на орогенной стадии развития герцинид. В девонско-каменноугольное время Южно-Карская синеклиза представляла собой внутриматериковую структуру, имеющую блоковое строение. На поднятых блоках предполагается карбонатный состав отложений, а в разделяющих их прогибах — комплекс батинальных терригенных отложений. После герцинской складчатости, затронувшей, прежде всего, глубоководные комплексы, произошла инверсия прогибов, их воздымание и разрушение. Возникшие в перми на месте карбонатных шельфов межгорные впадины заполнились осадками, поступающих с поднятий, образовавшихся на месте бывших прогибов.

Сделан обоснованный вывод о перспективности доюрского основания Южно-Карской синеклизы на обнаружение в нем углеводородов. Слоистость сейсмической записи доюрских отложений позволяет допускать разнородный состав отложений, т.е. наличие песчаных и глинистых толщ (коллекторов и покрышек). Следует предполагать, что залежи могут быть сводового пластового, литологического (ловушки, образованные при кровельном прилегании пластов к эродированной поверхности) типов, а также присутствовать ловушки вдоль линии выклинивания триасовых осадочных отложений. Наибольшее количество структур по палеозою сосредоточено на сводах Рогозинском и Вилькицкого, седловинах Монской и Матусевича и северной части Русановско-Скуратовского свода.

Сейсмостратиграфия, тектоника, нефтегазоносность, северная часть Западно-Сибирской плиты, Южно-Карская синеклиза.

SEISMOGEOLOGICAL ANALYSIS OF THE PRE-JURASSIC SEDIMENTS OF THE SOUTH KARA SYNECLISE IN CONNECTION WITH THE TECTONIC ZONING OF THE SEDIMENTARY COVER

L.A. Daragan-Sushchova, O.V. Petrov, N.N. Sobolev, and Yu.I. Daragan-Sushchov

We present new data on the structure of deep horizons of the sedimentary cover of the South Kara syncline, based on an integrated interpretation of data from modern seismic prospecting and data on the geologic structure of the adjacent folded areas. A network of seismic base profiles reprocessed with up-to-date programs is used to determine the structure of the wave fields of the pre-Jurassic sediments of the South Kara syncline. The interpretation of the wave fields with the use of the network of seismic base profiles shows that the wave fields of the Pai-Khoi–Novaya Zemlya monocline and the Novaya Zemlya–Taimyr terrace are fundamentally different from those of the South Kara central area of basins and uplifts. We substantiate a new structural and tectonic zonation of the northern West Siberian Plate, with areas of Hercynian and Early Cimmerian consolida-

tion. The geologic evolution of the South Kara syncline and adjacent areas in the Late Paleozoic–Early Jurassic is considered. The studies show that the Hercynides of the northern Taimyr Peninsula occupy the deepest central part of the South Kara syncline, including the North Siberian step. They are separated from the coeval sediments of the surface part of the northern West Siberian Plate by the Early Cimmerian folding of the Yamal–Pai-Khoi saddle, which joins the Early Cimmerian West Taimyr folded area to the Early Cimmerides of Pai-Khoi and Novaya Zemlya.

The Permo–Triassic rifts distinguished in central West Siberia have no shelf extension. Areal structural studies along the surface of the acoustic basement and analysis of wave fields showed that the structures of the South Kara syncline were semiconcentric and concentric intermontane basins and troughs in the Permian and Lower–Middle Triassic. They formed at the orogenic stage of evolution of the Hercynides. In the Devonian–Carboniferous, the South Kara syncline was an intracontinental block structure. It is presumed that elevated blocks consist of carbonate sediments, whereas the separating troughs consist of bathyal terrigenous sediments. The Hercynian folding, which affected mainly deep-water sediments, was followed by an inversion of the troughs, their uplifting and disintegration. The intermontane basins which formed instead of carbonate shelf in the Permian were filled with sediments from the uplifts which formed instead of the troughs.

A well-grounded conclusion is made about the hydrocarbon potential of the pre-Jurassic basement of the South Kara syncline. The layered seismic record of the pre-Jurassic sediments suggests their heterogeneous composition, i.e., the presence of sand and clay series (reservoirs and caps). The pools might be of the arch-bedded and lithologic (traps which formed in the case of the toplap of beds onto the eroded surface) types or be localized along the line of pinching-out of the Triassic sediments. The largest number of Paleozoic structures is concentrated on the Rogozinskii and Vilkitsky arches, in the Monskaya and Matusevich saddles, and in the northern Rusanov–Skuratov arch.

Seismic stratigraphy, tectonics, oil and gas content, South Kara syncline, northern West Siberian Plate

ВВЕДЕНИЕ

Выход традиционных районов нефтегазодобычи России на поздние стадии освоения и истощение запасов УВ в основных нефтегазоносных комплексах делают актуальной задачу определения стратегии направления ГГР на УВ сырье. Одним из таких направлений является смещение нефтегазопроисследовательских работ в еще слабоизученные районы севера Сибири и на Арктический шельф. Среди шельфовых областей России первоочередным объектом изучения являются Западно-Арктические шельфы, с которыми связаны основные прогнозные ресурсы УВ [Бочкарев, 2005]. Однако при этом надо учитывать, что в настоящее время нефтяные месторождения открыты только на шельфе Печорского моря, тогда как на большей части Баренцево-Карского шельфа преобладают газовые месторождения. В Западной Сибири — основном нефтегазодобывающем регионе России — большие перспективы связывают с доюрскими, в том числе палеозойскими нефтегазоносными комплексами. Ресурсы нефти в палеозойских отложениях только одного Гыдано-Енисейского бассейна, выделенного на северо-востоке Западно-Сибирской геосинеклизы, оцениваются в 11 млрд т, газа 25.5 трл м³, конденсата 2.5 млрд т [Бочкарев, 2005]. Между тем геологическое строение глубоких горизонтов осадочного чехла Западно-Сибирской плиты остается слабоизученным, что снижает достоверность прогнозных оценок.

Южно-Карская синеклиза (ЮКС) является северным шельфовым продолжением Западно-Сибирской плиты, самой крупной нефтегазовой провинции России. Как единая структура синеклиза выделена по мощному чехлу юрско-меловых отложений, в которых уже открыты гигантские месторождения природного газа. В то же время более древние комплексы синеклизы изучены значительно хуже.

В статье приведены результаты изучения доюрского основания Южно-Карской синеклизы, полученные при комплексном анализе данных наземной и морской сейсморазведки, с учетом геологического строения Пайхойско-Новоземельской и Таймырско-Североземельской складчатых систем.

Обобщение всей имеющейся геолого-геофизической информации по Южно-Карскому региону и его обрамлению опубликовано в сводных работах, выполненных при участии и под редакцией В.Е. Хаина, Е.Е. Милановского, И.С. Грамберга, Я.П. Маловицкого, К.А. Долгунова, В.Н. Мартиросяна, Б.К. Остистого, А.Ю. Юнова, Б.В. Сенина, Н.Я. Кунина, В.И. Устрицкого, М.Л. Вербы, О.В. Петрова, Н.Н. Соболева, Л.А. Дараган-Суцовой, А.Д. Павленкина, Н.М. Ивановой, А.В. Виноградова, А.К. Боголепова и многих других исследователей.

В целом в этих работах отражены разные точки зрения на строение и эволюцию ЮКС в докембрии и фанерозое, которые можно объединить в три основные концепции.

Наиболее ранняя концепция рассматривает ЮКС как внутриплатформенную структуру с континентальным типом коры. В соответствии с этой концепцией, начиная с рифея, в пределах прибрежной суши Западной Сибири и южной части Карского моря происходило непрерывное накопление осадочных формаций. Предполагается карельский возраст кристаллического фундамента в наиболее погруженных частях Южно-Карской и Пур-Гыданской (самая северная материковая часть Западно-Сибир-

кой плиты) синеклиз и более молодой, переработанный в герцинскую и раннекиммерийскую эпохи, по их периферии [Кунин, Самойлюк, 1982; Гиршгорн и др., 1987]. Северо-Сибирский порог считается подводным продолжением киммерид Новоземельского орогена [Геология..., 2004] либо субширотным поднятием складчатого рифейского фундамента Новой Земли, сформированного в киммерийскую эпоху [Богданов, 2004]. До юрского времени в Карском море существовал единый седиментационный бассейн [Геологическое строение..., 1984]. Терригенные каменноугольно-раннепермские формации заполняют внутренние части впадин, выклиниваясь в области смежных поднятий. Палеозойские отложения ЮКС занимают до 10—12 км мощности разреза осадочного чехла и по своим волновым сейсмическим характеристикам идентичны палеозою севера Западной Сибири и Енисей-Хатангского прогиба. Пур-Гыданская и Южно-Карская синеклизы разделены Пайхой-Таймырской (Среднеямальской) региональной седловиной, являющейся областью герцинской стабилизации, претерпевшей воздымание и размыв в верхнем палеозое—триасе. Занимая краевую часть платформы, обе синеклизы начиная с рифея постоянно погружались, испытав рифтогенез в рифее с повторной регенерацией рифтов в позднем девоне—раннем карбоне [Гиршгорн, 1988] либо в раннем палеозое [Кунин, Самойлюк, 1982].

Представители второго направления с позиций мобилизма трактуют доюрскую ЮКС как мозаику террейнов с континентальной корой и реликтовых участков доверхнепермского остаточного океанического бассейна с ювенильным базитовым фундаментом в наиболее погруженных участках [Аплонов, 1987; Устрицкий, Храмов, 1989]. Основанием для такой интерпретации являются палеомагнитные данные, реконструкции аномальных магнитных полей и наличие батинальных отложений востока Пайхой-Новоземельского пояса и ордовикско-раннекаменноугольного черносланцевого глубоководного комплекса Северного Таймыра. С поздней перми на разнородной коре образуется Южно-Карский бассейн, в глубоководных частях которого накапливаются флишевые и олистостромовые толщи. Однако Южно-Карский бассейн не был затронут ни герцинской складчатостью, ни рифтогенезом, широко проявленным в Западной Сибири. В позднем палеозое и триасе он представлял собой окруженный континентальными массивами залив Арктического океана, морфологически и генетически напоминая современное Средиземное море. Вся последующая история заполнения осадками Карского бассейна — это история его постепенного погружения вследствие остывания тонкой океанической коры и усиливающегося веса осадочных толщ. Киммерийская складчатость, локально проявленная на Пай-Хое и Новой Земле, также не затронула Южно-Карский бассейн.

Последователи третьей концепции [Верба, 1977; Сурков, Жеро, 1981; Верба и др., 2001, 2005а,б] решающую роль в формировании глубоких мегапрогибов отводят процессам эпиплатформенного рифтогенеза, приведшего к расколу и раздвигу континентальной коры и накоплению мощных синрифтовых толщ непосредственно на молодом новообразованном базальтовом основании. На шельфе Карского моря отмечена целая система рифтогенных прогибов на разновозрастном складчатом фундаменте, являющаяся шельфовым продолжением выделенной по потенциальным полям Западно-Сибирской системы рифтов [Сурков, Жеро, 1981], в пределах которых, по мнению авторов, произошла глубокая переработка пород фундамента и метаморфизм окружающих осадочных комплексов чехла.

Чтобы оценить перечисленные концепции в свете современных геолого-геофизических данных, необходимо предварительно дать ответы на ряд конкретных вопросов, являющихся ключевыми при реконструкции верхнепалеозойско-раннемезозойских событий в регионе.

— Продолжаются ли герцинские или более древние складчатые комплексы севера Западной Сибири и Северотаймырско-Североземельской области на шельф Карского моря?

— Что происходит с Западно-Таймырскими раннекиммерийскими складчатыми комплексами — срезаются ли они новообразованными структурами шельфа либо продолжают под дном Карского моря. Если да, то каким образом и как они пространственно связаны с разновозрастными и однотипными структурами Новой Земли и Пай-Хоя?

— Что происходит с Западно-Сибирскими пермтриасовыми рифтами на шельфе — они пересекают весь шельф и уходят на континентальный склон Евразийского бассейна [Верба и др., 2005а; Сурков, Жеро, 1981] или под ЮКС, как предполагают некоторые исследователи, нет рифтов?

— Являлась ли ЮКС в доюрское время мозаикой террейнов с реликтовыми участками остаточного океанического бассейна либо Южно-Карский шельф образовался целиком на континентальной коре и значит все более мелкие структуры синеклизы — внутриматериковые?

Ответ на эти вопросы и является целью статьи.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Шельф ЮКС к настоящему времени достаточно хорошо изучен региональными и поисковыми работами ОАО «Мурманская арктическая геофизическая экспедиция» (г. Мурманск, ОАО «МАГЭ») и ОАО «Севморнефтегеофизика» (г. Мурманск, ОАО «СМНГ»). Для определения структуры волнового

поля доюрского основания ЮКС была привлечена сеть опорных сейсмических профилей МОГТ ОАО «СМНГ», переобработанных по современным программам. К сожалению, сейсмические работы МОГТ СМНГ проводились с относительно короткой длиной записи — до 6 с. Для уточнения волнового поля от фундамента в самой погруженной части и на южном борту синеклизы привлечены профили ФГУП «Севморгео», ОАО «Таймыргеофизика» и ОАО «Ямалгеофизика». Наиболее полную информацию по фундаменту имеет опорный профиль АР-2. Длина записи МОГТ на нем равнялась 12 с, т.е. в 2 раза превышала длину записи для подавляющей части сейсмических профилей в этом регионе. Кроме того, по профилю АР-2 проводился комплекс методов: ГСЗ, МОГТ, НСП (непрерывное акустическое профилирование), набортные гравиметрические измерения, дифференциальная гидромагнитометрия. Естественно, что скоростные характеристики по МОГТ и ГСЗ-КМПВ на профиле АР-2 согласованы между собой. Таким образом, появилась возможность проследить непрерывное изменение скоростных характеристик как по вертикали, так и в плане по всей земной коре вплоть до границы Мохоровичича.

Схема рельефа поверхности акустического фундамента ЮКС по сейсмическому горизонту А заимствована из материалов ОАО «СМНГ» (рис. 1). На схеме рельефа фундамента показаны основные крупные структуры и местоположение профилей с примерами типовых взаимоотношений волновых полей чехла и фундамента для различных районов синеклизы. По периферии ЮКС выделены Пайхой-Новоземельская и Северо-Сибирская моноклизы, образующие концентрический пояс. Далее следует циркумполярная Новоземельско-Таймырская терраса, состоящая из более мелких структур — валов, ступеней, прогибов и уступов. И, наконец, центральная наиболее погруженная область ЮКС, названная Южно-Карской центральной областью впадин и поднятий.

Схема стратиграфической привязки доюрских сейсмических горизонтов и их индексация в различных организациях, работающих в регионе, приведена в таблице. Также даны литологическая характеристика опорных сейсмических горизонтов и признаки их устойчивого прослеживания. Наиболее точно привязаны сейсмические горизонты, связанные с юрскими породами. Горизонты от пермских и триасовых отложений изучены скважинными данными слабее [Бочкарев, 1995], поэтому их стратиграфическая привязка более условна. В Западной Сибири доказано, что горизонты Ia—Iв, в отдельных случаях Ia—Iг либо Ia—Iа связаны в основном с породами триаса и, частично, с породами верхней перми. Сейсмическое волновое поле между горизонтами Iа—Iг, по нашему мнению, характеризует разные части верхнепалеозойского разреза. Мы стратифицировали их, опираясь на сходство волновых полей с наземными Западно-Сибирскими аналогами.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ

Интерпретация волновых полей по сети опорных сейсмических профилей позволила установить принципиальные отличия между волновыми полями Пайхой-Новоземельской моноклизы и Новоземельско-Таймырской террасы, с одной стороны, и Южно-Карской центральной областью впадин и поднятий, с другой.

Предметно рассуждать о типе и возрасте фундамента в самой погруженной части синеклизы достаточно надежно можно опираясь на сейсмогеологические данные по профилю АР-2 [Алексеева и др., 2003; Сакулина и др., 2003, 2005] (рис. 2, 3). На профиле МОГТ представлено изменение волнового поля геологического разреза по всему Южно-Карскому региону с юго-востока от п-ова Ямал до о. Новая Земля на северо-западе.

В центральной области впадин и поднятий (см. рис. 2) акустический фундамент наблюдается ниже горизонта Пб (кровля карбона), соответствующего одноименному горизонту на сейсмозаписях в Западной Сибири. Выше его встречаются сейсмические комплексы с волновым полем, характерным для осадочных толщ (субпараллельные оси синфазности разной интенсивности). Волновое поле акустического фундамента представлено сейсмической записью с реликтами интенсивной низкочастотной или среднеслабоинтенсивной среднечастотной слоистой записью, смятой в разнопериодные складки. Периоды складок варьируют от 25—20 км до первых километров. Там, где периоды складок меньше и углы их круче (ПК 4700—5700, 7200—7900), сейсмическая запись приобретает вид акустического фундамента. На этих интервалах профиля волновое поле ниже горизонта Пб имеет неструктурированный вид с отдельными отражающими наклонными площадками. Пластовые скорости в кровле акустического фундамента в этих блоках соответственно варьируют: 5.5—5.7, 5.8—6.0 км/с. Там, где ниже горизонта Пб отмечается сейсмическая запись с остатками слоистости (ПК 3900—4700, 5700—7200), пластовые скорости возрастают до 6.0—6.2, 6.0—6.5 км/с соответственно. Казалось бы налицо парадокс. Более смятые (переработанные породы) имеют в целом меньшие скорости, чем горизонтально-слоистые толщи. Можно предположить, что в областях с интенсивно-смятой нарушенной сейсмической записью с меньшими скоростями находились блоки с преимущественно терригенными осадками, а блоки с остаточной слоистостью со скоростями 6.0 км/с и выше имели в основном карбонатный состав. Либо, как это ни

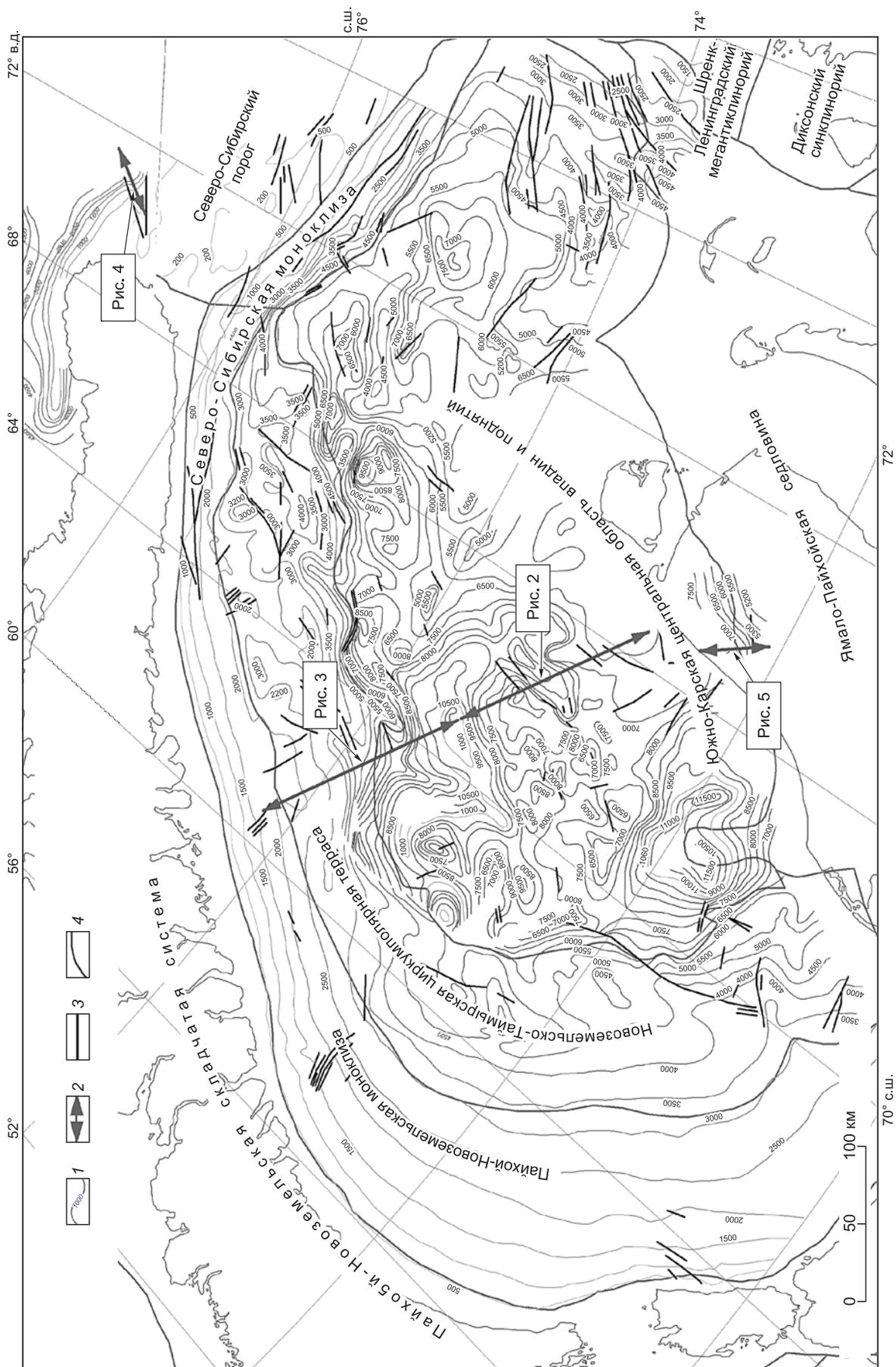


Рис. 1. Схема поверхности акустического фундамента ЮКС (по горизонту А) с местоположением примеров волновых полей МОГТ.

1 — изотипсы горизонта А (м), 2 — положение примеров волновых полей, 3 — разломы, 4 — границы основных тектонических структур.

**Схема стратиграфической привязки сейсмических реперов верхнепалеозойско-триасового разреза
в северной и северо-восточной частях Западно-Сибирского седиментационного бассейна (ЗСБ)
и Южно-Карского региона (ЮКР)**

Индексация сейсмических горизонтов, принятая в разных организациях, и времена прослеживания (с) на увязочных профилях				Привязка сейсмических горизонтов		Признак прослеживаемости	
ОАО «Сев-моргео»	пр. АР-2 ЮКР	ОАО «Ямалгео-физика»		ОАО «СМНГ»	Стратиграфическая		Литологическая
		пр. 113 ЮКР	пр. 112 ЗСБ				
Ia 3.61 (+0.15)	Ia 3.76 (-0.15)	Ia 3.85 (+0.26)	Ia 4.12 (-0.26)	Скользкая граница геттанг—рэт J ₁ —T ₃	Эрозионный срез верхнесреднетриасовых отложений	Сейсмическая граница кровельного несогласия типа эрозионного среза в прибортовых частях и согласная менее динамически выразительная граница в погруженных зонах	
Iб 3.9 (+0.2)	Iб 4.2 (-0.2)	Iб 4.1 (+0.2)	Iб 4.3 (-0.2)	Граница ладин—анизий T ₂ —T _{2a} В среднем оленеке T _{1o}	Переслаивание терригенно-вулканогенных осадков	Горизонты в триасе прерывистые с переменными интенсивностями, часто волнистые, что связано с интрузивными телами	
Iв	Iв		Iв	Вблизи подошвы оленека T _{1o}			
—	Iг локальный, когда его нет, этот уровень Па		—	—	—	—	
Па 4.52 (+0.2)	Па 4.73 (-0.2)	Па 4.48 (-0.03)	Па 4.45 (+0.03)	В подошве верхней перми P ₂ Вблизи подошвы нижней перми P ₁	Переслаивание вулканогенно-терригенно-карбонатных осадков	Горизонты локально расположены в областях прогибов, слоистость с переменной интенсивностью отражающих горизонтов; наличие шероховатых границ, связанных с интрузивными телами	
Пб (+0.15)	Пб (-0.15)	Пб (+0.17)	Пб (-0.17)	Вблизи подошвы среднего карбона C ₂ —C ₃			
Среднее отклонение для горизонтов ±0.15		Среднее отклонение для горизонтов ±0.17		Вблизи подошвы среднего карбона C ₂ —C ₃	Терригенно-вулканогенные породы с карбонатными слоями	В центральных частях прогибов наблюдается слоистая запись, которая переходит в складчатую по направлению к краям прогибов	
Пв	Пв	Пв	Пв	Вблизи подошвы нижнего карбона C ₁	Преимущественно карбонатные породы с прослоями терригенных пород и солей	—	
Пг	Пг	Пг	Пг	Граница диахронная	Отделяет кристаллический или складчатый фундамент от слоистых осадочных комплексов	Отделяет слоистую запись сверху и неструктурированную запись или волновое поле с остатками слоистости снизу	

Примечание. В скобках указано отклонение для горизонтов.

странно, в наиболее складчатых блоках метаморфизм был проявлен слабее, чем в длиннопериодных складках с остатками слоистой записи. В любом случае плотностные различия допермских блоков фундамента связаны с изначальным различием их литологии, так как эпигенетический региональный метаморфизм, как известно, по-разному воздействует на терригенные и карбонатные породы.

В пределах Пайхой-Новоземельской моноклизы и Новоземельско-Таймырской циркумполярной террасы акустический фундамент более молодой, типично слоистые комплексы начинаются чуть ниже горизонта Ia, т.е. складчатость прошла в верхнем триасе (см. рис. 3). Ниже по разрезу среди складчатых палеозойско-триасовых толщ с хаотической формой записи на ПК 1100—1600, 0—700 внутри фундамента наблюдаются реликты слоистости. Такие же реликты палеозойских слоистых комплексов встречаются в интервале ПК 2500—3100 в пределах северо-западной части центральной области впадин и поднятий. Этот факт дает основание предположить, что складчатость ниже горизонта Пб (на рубеже карбона—перми) затрагивала практически всю территорию Южно-Карского региона от п-ова Ямал до о. Новая Земля. В дальнейшем в пределах моноклизы и циркумполярной террасы на палеозойскую складчатость наложились более поздние геологические события.

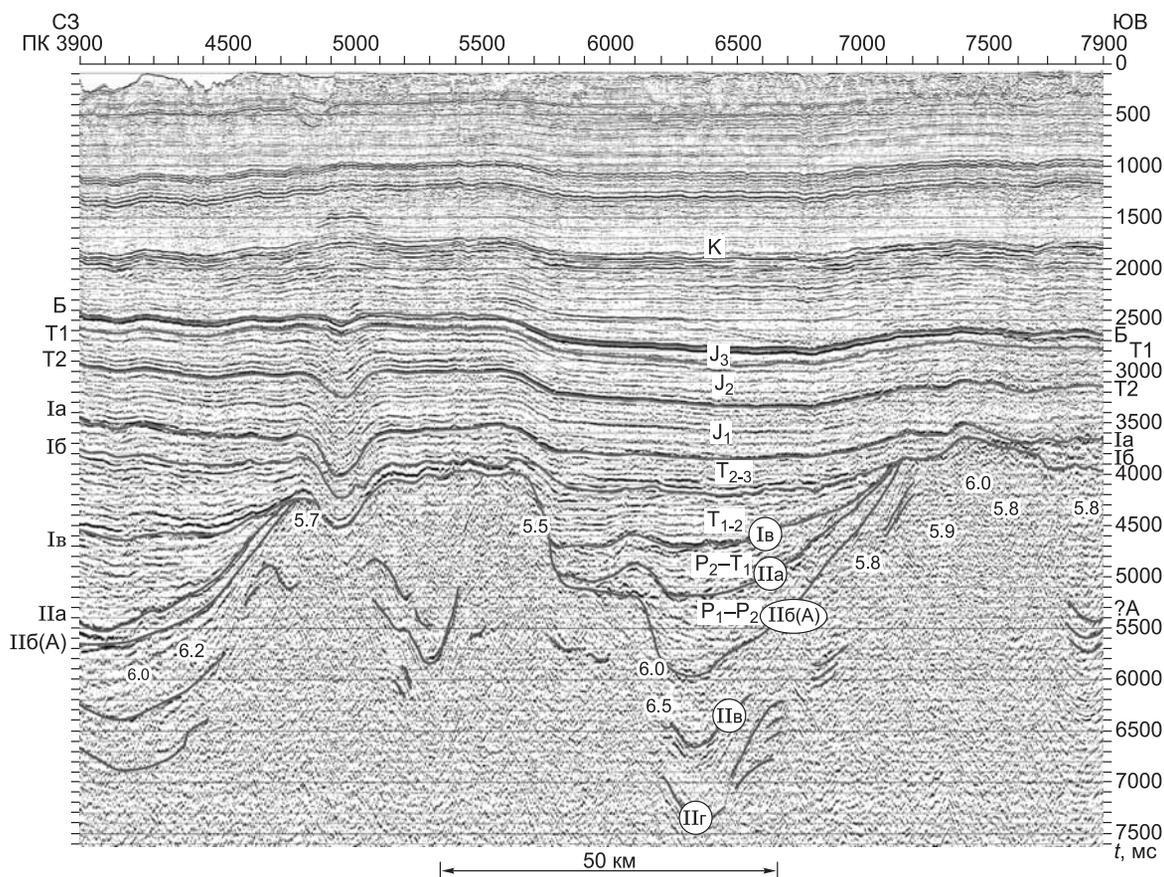


Рис. 2. Пример волнового поля разнопериодной складчатости допермских отложений в восточной части профиля AP-2 (ЮКС).

Здесь и на рис. 3 цифрами показаны пластовые скорости (км/с).

На западе Северо-Сибирского порога складчатость тоже произошла на рубеже карбона—перми (рис. 4). В волновом поле профиля отчетливо видно как постепенно погружается на север субгоризонтально-слоистая толща нижеверхнепермских отложений, отражающие горизонты которой уверенно привязаны к обнажениям на севере о. Новая Земля. Под субгоризонтально-слоистой пермской толщей (между IIа—IIб) наблюдается смятое в разнопериодные складки волновое поле с остатками слоистости и дифрагированными волнами, аналогичное полю под горизонтом IIб на профиле AP-2 (см. рис. 2). При длиннопериодных складках сохраняется слоистость, нарушенная в отдельных частях дифрагированными волнами (см. рис. 4). Дифракция концентрируется в основном под отражающим горизонтом IIб, что свидетельствует о шероховатом характере этой границы. На этом рубеже, исходя из волнового поля профиля, после складчатости часть территории начала воздыматься и интенсивно размываться. На ПК 2400—2600 под отражающим горизонтом IIб явно выходят эрозионные срезывы, судя по которым, можно говорить о значительном размыве здесь палеозойских толщ. По направлению к о. Новая Земля в волновом поле палеозойских отложений наблюдается, как длиннопериодная складка сменяется на все более короткопериодные, теряя при этом слоистый характер. Волновое поле профиля в интервале ПК 1940—2600 наглядно демонстрирует, что заполнение прогибов происходило в основном в пермское время (интервал IIа—IIб) одновременно с воздыманием отдельных палеозойских блоков. На это указывают максимальные мощности пермских отложений в центре впадины (ПК 2060 и ПК 2300) и их выклинивание по направлению к краям длиннопериодной складки (ПК 1920, 2080, 2140). Затем начиная с конца пермского периода вся территория вместе с северной частью о. Новая Земля претерпела погружение и практически до конца палеогена была единым бассейном осадконакопления. Только в самое последнее время (предположительно с неогена) благодаря вертикальным движениям о. Новая Земля и прилегающая к нему область вышли на поверхность, образовав интенсивно размывающийся ороген Новой Земли [Граммберг и др., 2002; Новая Земля..., 2004].

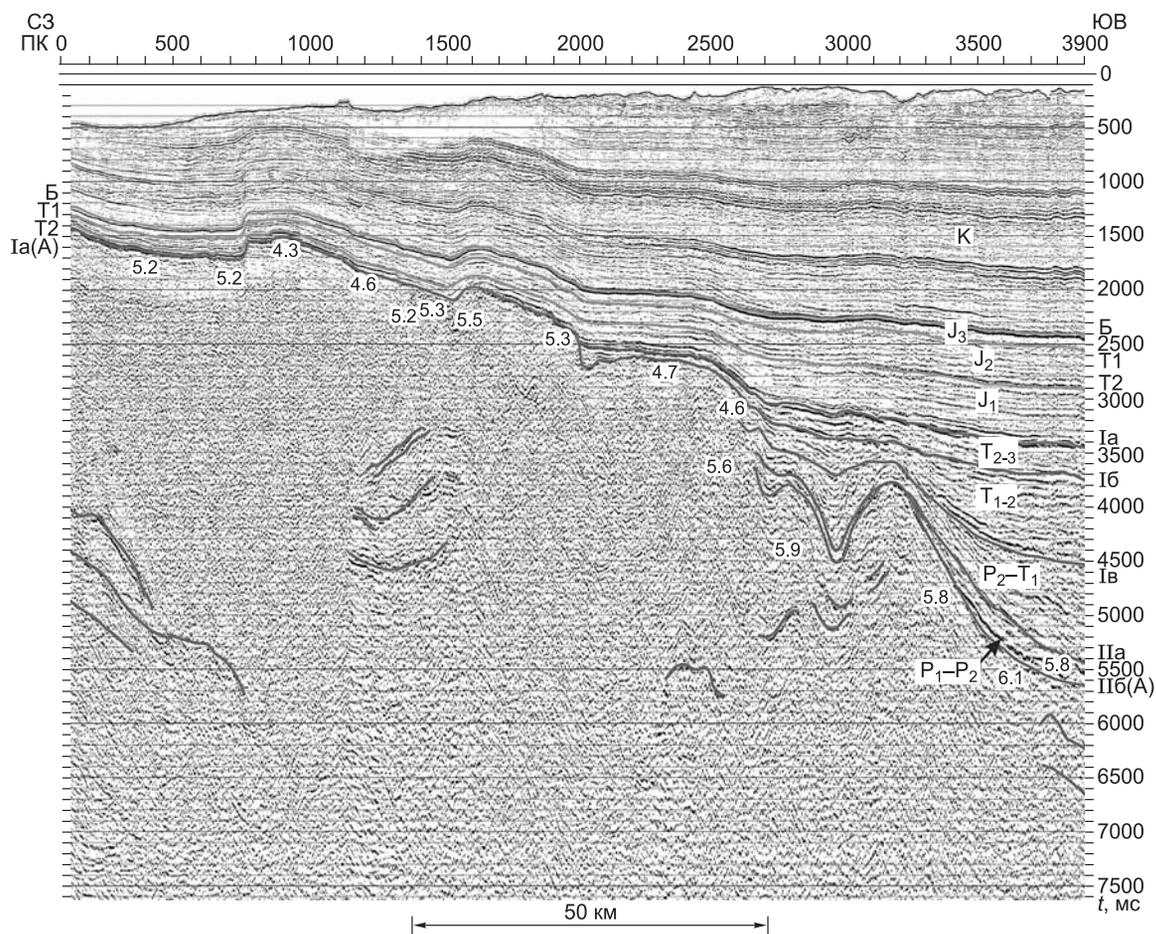


Рис. 3. Пример волнового поля в зоне трансформации пермотриасовых слоистых комплексов в складчатые в новоземельской части профиля AP-2 (ЮКС).

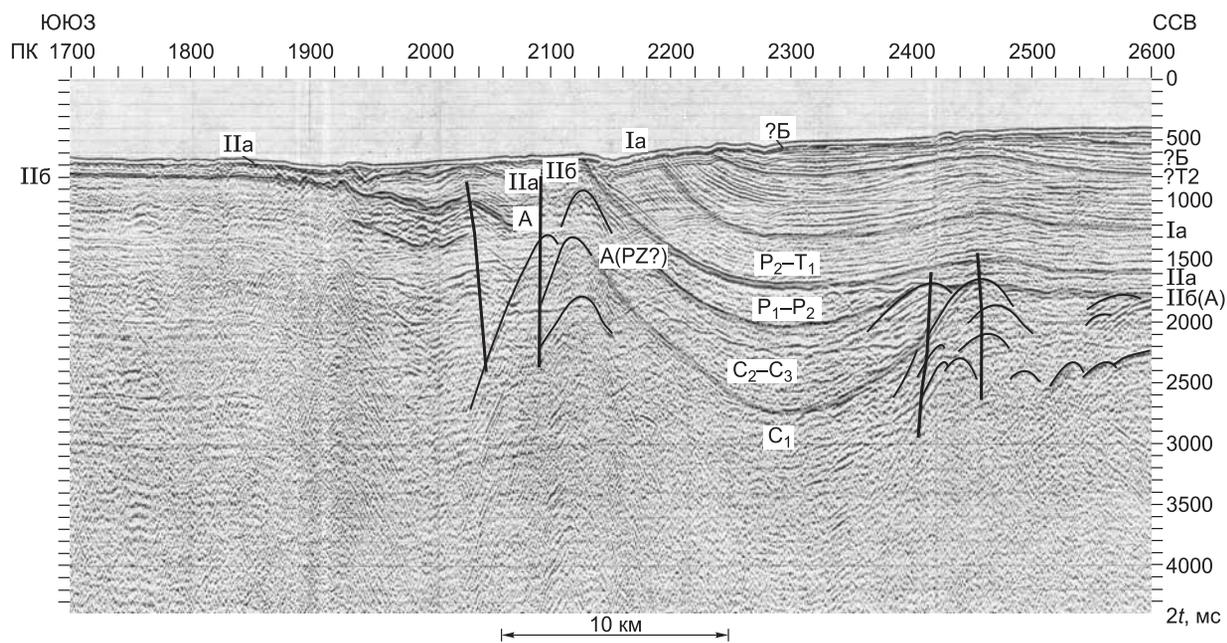


Рис. 4. Пример волнового поля складчатых допермских отложений в западной части Северо-Сибирского порога.

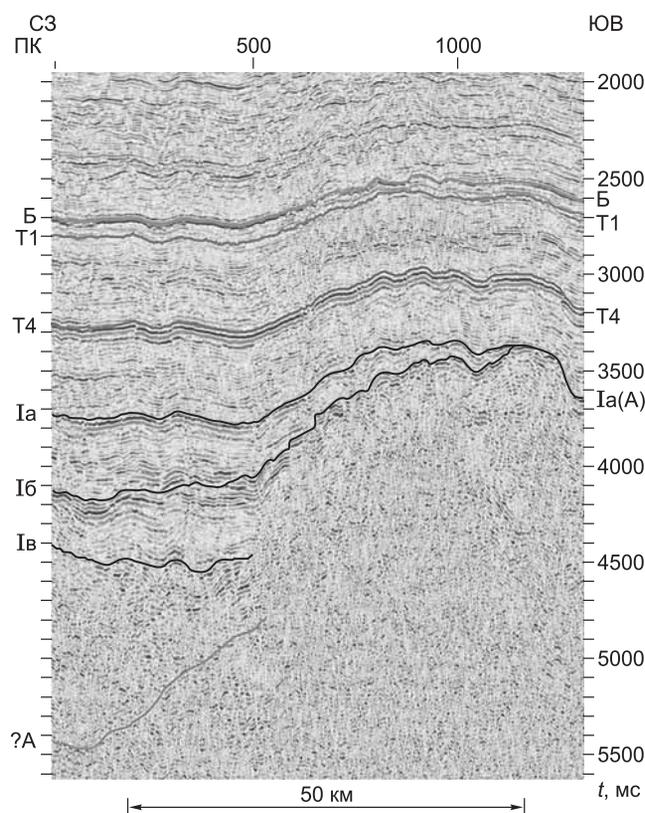
Рис. 5. Пример волнового поля в зоне трансформации пермотриасовых слоистых комплексов в складчатые в районе северо-запада п-ова Ямал.

Таким образом, на основании анализа волновых полей десятков профилей в пределах ЮКС выделена область складчатости на рубеже карбона—перми. Локализовав область этой складчатости, удалось уточнить и подтвердить стратиграфическую привязку вышележащей пермотриасовой слоистой толщи (см. таблицу). Нижний осадочный комплекс заполнения впадин фундамента (между горизонтами Пб—Па) достаточно достоверно по привязке к обнажениям на севере о. Новая Земля [Тектоника..., 1992] идентифицируется как нижневерхнепермский (см. рис. 4). Над ним локально залегает вулканогенно-осадочный (с наличием линзовидных тел в слоистом волновом поле) комплекс (см. рис. 2, ПК 4150—4300, 5900—6150, 6150—6600, 6700—6900). Этот сейсмический комплекс по характеру волнового поля (максимальные мощности в центре и утонение по краям впадин, иногда до полного выклинивания) также является комплексом заполнения впадин, формировавшихся одновременно с продолжающимся поднятием отдельных блоков палеозоя. Судя по большому количеству стратиформных магматических тел, его можно было бы считать аналогом красноселькупской серии Западной Сибири. Слоистость говорит о чередовании вулканитов с осадочными породами, а стратиграфическая привязка указывает на верхнепермско-нижнетриасовый возраст этого комплекса. Сейсмический комплекс между отражающими горизонтами Iv—Iб, сформировавшийся в среднем и, возможно, частично в верхнем триасе, практически выровнял центральную область впадин и поднятий ЮКС. После этого к западу, югу и юго-востоку от этой области снова прошла складчатость (см. рис. 3, от ПК 2700 на северо-запад до конца профиля; рис. 5, на северо-западе п-ова Ямал). На рисунках, иллюстрирующих примеры трансформации волновых полей слоистых пермотриасовых комплексов в складчатые, отчетливо видно как горизонтально-слоистая пермотриасовая толща начинает сминаться в высокочастотные складки, и сейсмическая запись становится неструктурированной, т.е. превращается в сейсмическую запись, характерную для акустического фундамента. Судя по незначительным интервальным скоростям (от 4.2 до 4.7 км/с) пород пермотриасового фундамента у Новой Земли на профиле AP-2, можно говорить о том, что предъюрская складчатость здесь прошла без значительного метаморфизма.

Таким образом, по сейсмическим данным локализовалась и вторая область складчатости на рубеже триаса—юры.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интерпретация сейсмических волновых полей, выполненная одним из авторов (Л.А. Дараган-Суцовой), дает возможность осуществить структурно-тектоническое районирование ЮКС и сопредельных регионов на основе кондиционного фактического материала. Тектоническая схема (рис. 6) построена по морфоструктурному принципу, позволяющему показать современный структурный план территории.. Выделенные на схеме тектонические (надпорядковые) структуры претерпели различную историю геологического развития как по длительности, так и по возрасту основания. Так, ЮКС приобрела современные очертания с середины мезозоя. Северная часть Таймыро-Североземельской складчатой области в середине карбона стала горной страной, в то время как южная часть Таймырской [Петров и др., 2002] и Пайхой-Новоземельская [Тектоника..., 1992] складчатые системы окончательно сформировались в раннекиммерийское время. Для Енисей-Хатангского регионального прогиба большинство современных структур более высокого порядка (валы, прогибы, выступы) проявились только в мелу, тогда как сам прогиб практически в современном виде заложился на рубеже пермотриаса. Поэтому, учитывая



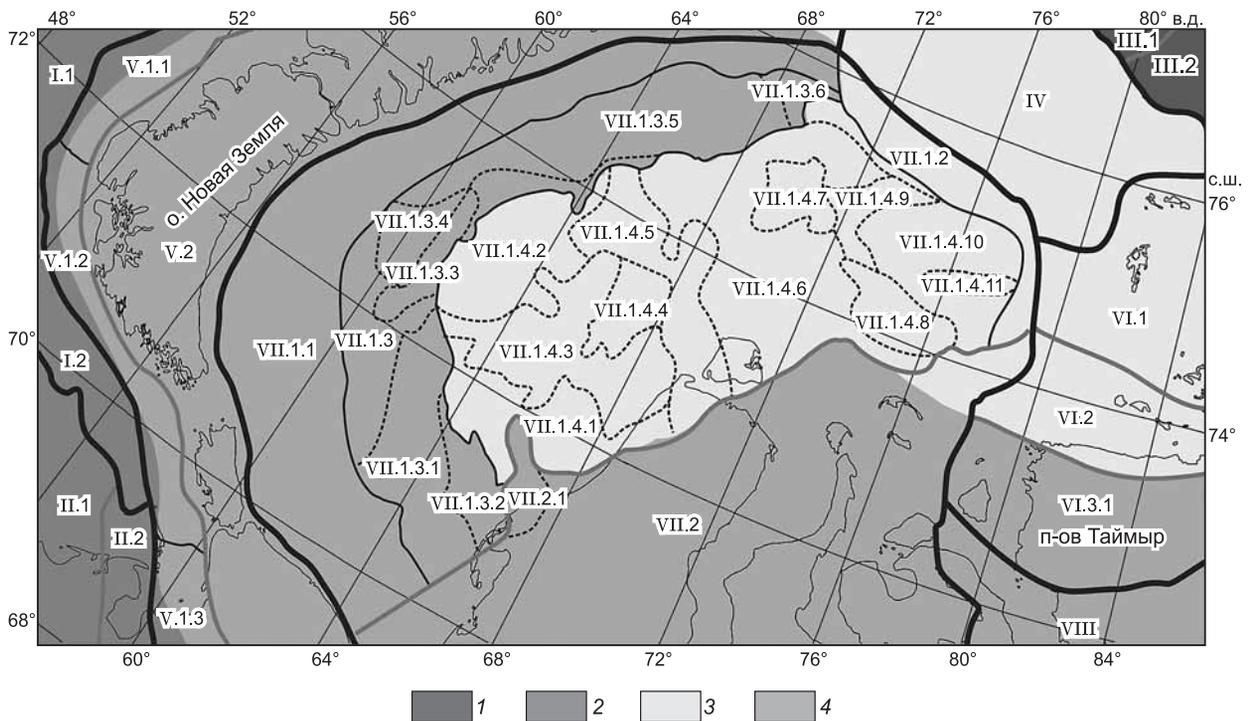


Рис. 6. Тектоническая схема ЮКС и сопредельных регионов (северная часть тектонической схемы Ямало-Ненецкого автономного округа) с дополнениями авторов.

Составлена по материалам различных организаций: ОАО «СМНГ», СибНАЦ, ОАО «МАГЭ», ОАО «Таймыргеофизика», ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеология, КНИИГиМС, ООО «ТП НИЦ», ОАО «Севморгео».

1–4 — разновозрастный складчатый фундамент: 1 — докембрийский (нерасчлененный), 2 — байкальский, 3 — герцинский, 4 — раннекембрийский. Морфоструктуры разного порядка: I — Баренцевская плита: I.1 — Южно-Баренцевская синеклиза, I.2 — Куренцовская ступень;

II — Восточно-Европейская платформа, Печорская синеклиза: II.1.1 — Хорейверская впадина, II.1.2 — Варандей-Адзвьянская структурная зона; III — Северо-Карская плита: III.1 — Центрально-Карское поднятие, III.2 — Восточно-Карский прогиб; IV — Северо-Сибирский порог; V — Пайхой-Новоземельская складчатая система: V.1 — Пайхой-Новоземельский краевой прогиб: V.1.1 — прогиб Седова, V.1.2 — Вайгач-Новоземельская зона дислокаций, V.1.3 — Кортаихинская впадина, V.2 — Пайхой-Новоземельский мегантиклинорий; VI — Таймыро-Североземельская складчатая система: VI.1 — Ленивенско-Челюскинский мегасинклиний, VI.2 — Шренк-Ленинградский мегантиклинорий, VI.3 — Быррангский инверсированный прогиб: VI.3.1 — Диксонский синклиний; VII — Западно-Сибирская плита: VII.1 — Южно-Карская синеклиза: VII.1.1 — Пайхой-Новоземельская моноклиза, VII.1.2 — Северо-Сибирская моноклиза, VII.1.3 — Пайхой-Новоземельская циркумполярная терраса: VII.1.3.1 — Обручевский мегавал, VII.1.3.2 — Восточно-Обручевский уступ, VII.1.3.3 — мегавал Минина, VII.1.3.4 — Матшарский грабен-прогиб, VII.1.3.5 — мегавал Литке, VII.1.3.6 — Розевская ступень, VII.1.4 — Южно-Карская центральная область впадин и поднятий: VII.1.4.1 — Пухучанская впадина, VII.1.4.2 — Ноябрьская впадина, VII.1.4.3 — Русановско-Скуратовский свод, VII.1.4.4 — Чекинская впадина, VII.1.4.5 — седловина Матусевича, VII.1.4.6 — впадина Благополучия, VII.1.4.7 — Рогозинский свод, VII.1.4.8 — свод Вилькицкого, VII.1.4.9 — Монская седловина, VII.1.4.10 — впадина Утешения, VII.1.4.11 — Западно-Свердрупский вал, VII.2 — Ямало-Пайхойская седловина: VII.2.1 — Нурминский мегавал; VIII — Енисей-Хатангский региональный прогиб, Южно-Таймырская моноклинал.

разновременность формирования современного морфоструктурного плана, поверхность, по которой проведено районирование, — диахронна. Как правило, это поверхность акустического фундамента, которым является складчатое либо кристаллическое (складчатое и одновременно метаморфизованное) основание плитных чехлов. Выбор в качестве фундамента границы завершающей складчатости и плитного (платформенного) чехла продиктован необходимостью увязки данных сейсморазведки по шельфовым и внутриматериковым прогибам с данными геологии окружающей суши.

Возраст фундамента является важной характеристикой тектонического развития региона. Несмотря на то, что строение и вещественный состав осадочного бассейна непрерывно менялись в процессе его эволюции, обуславливая латеральную и вертикальную гетерогенность современного бассейна, именно динамика развития отдельных блоков фундамента определяет специфику накопления в их пределах отложений чехольного комплекса. Возраст фундамента определен по возрасту завершающей складчатости, времени массовых внедрений гранитоидов, признакам угловых и региональных несогла-

сий между породами фундамента и осадочного чехла. Для тектонических структур с мощным осадочным чехлом, таких как Южно-Баренцевская, Северо- и Южно-Карская синеклизы [Дараган-Сушова и др., 2000], а также Енисей-Хатангский региональный прогиб, возраст акустического фундамента оценивается исключительно по сейсмическим данным, количество которых растет лавинообразно в связи с высокими перспективами этих структур на нефть и газ. Прослеживание сейсмических горизонтов с акватории на материковое и островное обрамление позволяет не только расчленять осадочный чехол, но и проводить районирование фундамента по возрасту завершающей складчатости. Сейсмические данные однозначно свидетельствуют о разновозрастном фундаменте глубокопогруженных структур. Так, для Енисей-Хатангского регионального прогиба возраст акустического фундамента (сейсмический горизонт А) предполагается различным в осевой и краевой частях прогиба [Бочкарев и др., 2003]. Для Южно-Карской синеклизы впервые выделены области герцинской и раннекиммерийской складчатости, что позволяет увязать разновозрастные формации Новой Земли и Таймыра и проследить их под дном Карского моря.

Следует заметить, что нет никакого смысла объединять герцинские и раннекиммерийские эпохи складчатости в уралиды, как это делают некоторые исследователи [Бочкарев и др., 2004] и протягивать их с Урала через всю Западную Сибирь в Арктику. Напротив, наша задача найти подводное продолжение разновозрастных складчатых систем Таймыра и выявить их связи со структурами Новой Земли. Только таким образом можно получить ответ на ключевые вопросы геологии региона.

Сейсмические данные по волновым полям ЮКС дают наиболее объективную информацию не только по латеральному распределению областей разновозрастной складчатости, но также позволяют уточнить и локализовать возрастные границы тектонических циклов в пределах материкового обрамления, выделенные геологическими методами. Дело в том, что складчатость не бывает повсеместной. Например, на Урале было шесть эпох складчатости после байкальского времени начиная с конца ордовика до начала триаса (уралиды) и каждая затрагивала только отдельные прогибы [Артюшков, 1993].

В развитии ЮКС и сопредельных территорий в позднем палеозое—триасе выделяются три основных геодинамических этапа:

- 1) формирование герцинских складчатых дислокаций (рубеж карбона—перми);
- 2) этап орогенных блоковых движений с образованием конседиментационных поднятий, межгорных депрессий и флишевых трогов (ранняя—поздняя пермь);
- 3) формирование раннекиммерийских складчатых дислокаций (поздний триас—ранняя юра).

На Таймыре по геохронологическим данным выявлено два статистически значимых этапа массового внедрения гранитоидов. Герцинский этап внедрения гранитоидов на Северном Таймыре по К-Аг определениям дает большой разброс значений в интервале всего каменноугольного периода (306 ± 2 , $320—350$, 320 ± 15 млн лет). Более точные определения гранитоидов в районе м. Челюскин по различным изотопным системам указывают на относительно узкий возрастной интервал магматизма на рубеже карбон—пермь [Верниковский и др., 1998]. Напомним, что по сейсмическим данным акустический фундамент герцинид связан с горизонтом Пб, идентифицированным как граница карбона—перми. Раннекиммерийский этап внедрения гранитоидов на Южном Таймыре по определению цирконов U-Pb методом дает разброс цифр от верхней перми до среднего триаса, а по определениям темноцветных минералов Аг методом этот интервал датирован нижним—средним триасом [Верниковский и др., 2001]. По геологическим данным внедрение гранитоидов произошло на рубеже позднего триаса—ранней юры. Такая же ситуация характерна для пайхой-новоземельских ранних киммерид. Здесь по К-Аг методу возраст интрузий — раннесреднетриасовый, а по геологическим данным — на рубеже позднего триаса—ранней юры. Волновые поля четко определяют позднетриасовый возраст раннекиммерийской складчатости ЮКС.

Один из главных выводов, который следует из площадных структурных построений по ЮКС, выполненных по подошве нижнепермских осадочных отложений (отражающий горизонт Пб), заключается в том, что пермотриасовые впадины образуют полуконцентрические и концентрические структурные формы, облекающие приподнятые блоки либо заполняющие межблоковые впадины. Судя по одновременному росту разделяющих поднятий, это межгорные впадины и прогибы, образованные на орогенном этапе развития герцинид. Вообще, в отличие от ранних киммерид, герцинская складчатость закончилась орогенном, проявленным в виде верхнепермско-триасовых моласс Предуральского прогиба и триасовых моласс на Таймыре (фадьюкудинская и мамонова свиты). Области раннекиммерийской складчатости, вероятно, превратились в орогены значительно позже, в неогене [Грамберг и др., 2002; Новая Земля..., 2004].

Предположения о продолжении Западно-Сибирских рифтов в ЮКС вплоть до континентального склона Евразийского бассейна, якобы подтвержденные профилем АР-2, основаны в основном на единичных профилях МОГТ и игнорировании материалов площадных исследований ОАО «СМНГ» (только они могут дать форму структуры в плане, а не редкая сеть региональных профилей). Тектоническая

схема наглядно иллюстрирует продолжение герцинид и ранних киммерид Таймыра в Карское море. Таймырский раннекиммерийский пояс соединяется с одновозрастными структурами Новой Земли не через Северо-Сибирский порог, как это считалось ранее [Геологическое строение..., 1984], а через Пай-Хойско-Ямальскую седловину (см. рис. 5), отделяясь от уральских герцинид зоной Байдарацкого глубинного разлома [Воронов, Коркунов, 2003].

Анализ волновых полей не позволяет согласиться также с утверждением о существовании на Южно-Карском шельфе продолжения Обского пермотриасового океана [Аплонов, 1987]. В последних работах от раннемезозойского Обского океана и триасовых рифтов в Карском море отказался даже автор концепции [Аплонов и др., 1996]. В то же время Новоземельский склон Южно-Карского бассейна продолжают рассматривать как позднепалеозойскую пассивную окраину, предполагая в центральной части Южно-Карского шельфа остаточный океанический бассейн каменноугольного возраста с комплексом батиальных отложений по аналогии с лемвинскими фациями Урала [Устрицкий, 1985; Аплонов и др., 1996]. Предложенная интерпретация волновых полей допермских отложений в ЮКС противоречит данному предположению. Разнопериодные складки в допермских толщах центральной области ЮКС можно трактовать как чередование шельфовых карбонатных (слоистых) и глубоководных терригенных (смятых в складки) отложений. Такая интерпретация свидетельствует о гетерогенной блоковой природе ЮКС и о существовании в допермское время внутриматериковых глубоких прогибов и разделяющих их понятий. Последующая герцинская складчатость затронула, прежде всего, терригенные слабоуплотненные толщи глубоководных прогибов, которые в дальнейшем вышли на поверхность и стали интенсивно размываться, поставляя обломочный материал в межгорные впадины. Подобная ситуация была на верхнепалеозойском Пай-Хое и Урале, где складчатость затронула только отдельные интракратонные прогибы (галистазы). В целом вовлечение в складчатость и последующее воздымание участков, испытавших глубокое погружение, характерно для многих горно-складчатых областей [Артюшков, 1993]. Убедительным подтверждением сделанных нами реконструкций верхнепалеозойских событий в ЮКС являются палеонтологически обоснованные геологические наблюдения к востоку от Пай-Хоя на левобережье р. Кара (Табьуская впадина), где орогенный комплекс перми подстилается карбонатными платформенными образованиями [Енцова, 1981].

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

В пределах ЮКС ОАО «СМНГ» проведено тектоническое районирование и уточнены параметры более 80 локальных структур, в разной степени изученных сейсмическими работами.

На Русановской и Ленинградской структурах выполнены детализационные сейсморазведочные работы, пробурены глубокие скважины, открыты уникальные газовые месторождения. В скважинах Ленинградская 1, 2 и Русановская 2 выполнено вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП).

Структуры Западно-Шараповская и Харасавэй-море детализированы и подготовлены в глубокое бурение. Три структуры изучены детальными сейсмическими работами. Поисковыми сейсморазведочными работами исследованы 22 локальные структуры, остальные 55 структур ЮКС изучены только региональными работами.

Из общего анализа распределения структур в ЮКС можно сделать вывод, что наибольшее количество структур сосредоточено на киммерийской перемычке п-ова Ямал, положительных структурах Южно-Карской центральной области впадин и поднятий и Новоземельско-Таймырской циркумполярной террасы.

ЮКС рассматривается как часть Западно-Сибирской нефтегазовой провинции, где выделяются нефтегазоносные (НГО), газоносные (ГНО) и перспективные нефтегазоносные (ПНГО) области. К акваториальному продолжению Ямало-Гыданского НГО относится северо-западная переклираль Нурминского мегавала со структурами Харасавэй-море и Северо-Харасавэйская. Промышленная нефтегазоносность Ямало-Гыданской НГО установлена на п-ове Ямал, где выявлены газоконденсатные месторождения (Харасавэйское, Бованенковское, Южно-Тамбейское), газовые (Восточно-Бованенковское, Нурминское), газоконденсатно-нефтяные (Нейтинское, Арктическое, Западно-Тамбейское, Новопортовское). На Арктическом месторождении п-ова Ямал из верхней части тюменской свиты нижне-среднеюрских отложений получен приток газа.

На Новопортовской площади в отложениях доплитного этажа из палеозойских известняков получен фонтан газа и газоконденсата с высоким дебитом, а в базальных песчаниках нижней юры отличные притоки газа и конденсата. В нижнесреднеюрских отложениях выявлены газоконденсатные залежи.

Основные перспективы Ямало-Гыданской НГО на современном этапе связаны, по-прежнему, с альб-сеноманским, апт-барремским, неокомским и нижнесреднеюрским комплексами. Перспективность доюрских отложений доказана и выявление в них новых месторождений лишь вопрос времени. Слоистость сейсмической записи доюрских отложений позволяет допускать разнородный состав отложений,

т.е. наличие песчаных и глинистых толщ (коллекторов и покрышек). Следует предполагать, что залежи могут быть сводового пластового, литологического (ловушки, образованные при кровельном прилегании пластов к эродированной поверхности) типов, а также присутствовать ловушки вдоль линии выклинивания триасовых осадочных отложений.

В пределах ЮКС и сопредельных территорий для доюрского этапа развития по особенностям строения доюрского комплекса выделяются:

1. Области, где палеозойско-триасовые отложения в разной степени дислоцированы (области раннекиммерийской складчатости). Особенностью этих областей является быстрое уменьшение степени метаморфизма палеозойских пород по мере удаления от фронта складчатости. Как отмечалось выше, в пределах этой области на Новопортовской площади в отложениях палеозоя открыто газоконденсатное месторождение.

2. Области, где в пределах локально развитых депрессионных структур в состав осадочного чехла входят недислоцированные отложения верхнего палеозоя—триаса (область герцинской складчатости).

3. Области, где весь разрез палеозоя—триаса представлен недислоцированными или слабодислоцированными отложениями (Енисей-Хатангский мегапрогиб).

В пределах второй и третьей областей палеозойские отложения, безусловно, влияли на положение и фазовый состав месторождений УВ в вышележащих мезозойских отложениях. Именно с влиянием глубинных газов может быть связан преимущественно газовый и газоконденсатный состав месторождений и локализация их в бортовых частях погребенных палеозойских впадин и прогибов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Герциниды Северного Таймыра захватывают центральную наиболее погруженную область ЮКС, включая Северо-Сибирский порог. От разновозрастных комплексов наземной части севера Западно-Сибирской плиты они отделены областью раннекиммерийской складчатости Ямало-Пайхойской седловины.

2. Западно-Таймырская раннекиммерийская складчатая область через Ямало-Пайхойскую седловину соединяется с ранними киммеридами Пай-Хоя и Новой Земли.

3. Пермотриасовые рифты, выделяемые в центральных районах Западной Сибири, не имеют шельфового продолжения. Площадные структурные построения, выполненные по подошве пермотриасовых отложений ОГ (Пб), и анализ волновых полей показали, что структуры ЮКС в пермское и нижнесреднетриасовое время являются межгорными впадинами и прогибами полуконцентрической и концентрической формы. Они были образованы на орогенной стадии развития герцинид.

4. В девонско(?)—каменноугольное время ЮКС представляла собой внутриматериковую структуру, имеющую блоковое строение. На поднятых блоках предполагается карбонатный состав отложений, а в разделяющих их прогибах — комплекс батиальных терригенных отложений. После герцинской складчатости, затронувшей, прежде всего, глубоководные комплексы, произошла инверсия прогибов, их воздымание и разрушение. Возникшие в перми на месте карбонатных шельфов межгорные впадины заполнялись осадками, поступающих с поднятий, образовавшихся на месте бывших прогибов.

5. Перспективность доюрских отложений доказана и выявление в них новых месторождений лишь вопрос времени. Слоистость сейсмической записи доюрских отложений позволяет допускать разнородный состав отложений, т.е. наличие песчаных и глинистых толщ (коллекторов и покрышек). Следует предполагать, что залежи могут быть сводового пластового, литологического (ловушки, образованные при кровельном прилегании пластов к эродированной поверхности) типов, а также присутствовать ловушки вдоль линии выклинивания триасовых осадочных отложений. Наибольшее количество структур по палеозою сосредоточено на сводах Рогозинском и Вилькицкого, седловинах Монской и Матусевича и северной части Русановско-Скуратовского свода.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеева А.К., Беляев И.В., Верба М.Л., Лисицын Е.Д., Метлина Т.Л. Глубинное строение Баренцево-Карского шельфа по данным исследований на опорных геотраверсах // Исследования литосферы в работах петербургских геофизиков (развитие идей академика Г.А. Гамбурцева) / Под ред. Н.А. Караева, М.Л. Вербы, А.Д. Павленкина, Г.Я. Рабиновича. СПб., ВИРГ-Рудгеофизика, ВНИИОкеангеология, 2003, с. 186—193.

Аплонов С.В. Геодинамика раннемезозойского Обского палеоокеана. М., ИО АН СССР, 1987, 98 с.

Аплонов С.В., Шмелев Г.Б., Краснов Д.К. Геодинамика Баренцево-Карского шельфа (по геофизическим данным) // Геотектоника, 1996, № 4, с. 58—76.

- Артюшков Е.В.** Физическая тектоника. М., Наука, 1993, 456 с.
- Богданов Н.А.** Тектоника Арктического океана // Геотектоника, 2004, № 3, с. 3—30.
- Бочкарев В.С.** Геологическое строение палеозойского и триасового комплексов в Пуровском регионе и перспективы их нефтегазоносности // Геология и нефтегазоносность Надым—Пур-Тазовского междуречья. Тюмень, Тарко-Сале, ЗапСибНИГНИ, 1995, с. 179—206.
- Бочкарев В.С.** Север Западной Сибири — вклад в прогресс общей и нефтегазовой геологии // Горные ведомости, 2005, № 4, с. 60—69.
- Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П.** Палеозой и триас Западной Сибири (комплексные исследования) // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 120—143.
- Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П., Ильин Ю.М.** Консолидация фундамента Западной Сибири и вопросы унаследованности // Горные ведомости, 2004, № 4, с. 2—20.
- Верба М.Л.** О процессах растяжения земной коры на Баренцевоморском шельфе // Природные условия и естественные ресурсы северных морей. Л., Географ. общ-во СССР, 1977, с. 28—32.
- Верба М.Л., Иванова Н.М., Кацев В.А., Рослов Ю.В., Сакулина Т.С., Телегин А.Н.** Результаты сейсмических исследований по опорным профилям АР-1 и АР-2 в Баренцевом и Карском морях // Разведка и охрана недр, 2001, № 10, с. 3—7.
- Верба М.Л., Матвеев Ю.И., Рослов Ю.В., Сакулина Т.С.** Литосфера Карско-Баренцевской шельфовой плиты и арктического побережья Европейского Севера (по результатам исследований на опорном профиле 2-АР) // Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под редакцией Н.В. Шарова, Ф.П. Митрофанова, М.Л. Вербы, К. Гиллена. Петрозаводск, Кар. НЦ РАН, 2005а, с. 182—216.
- Верба М.Л., Рослов Ю.В., Сакулина Т.С.** Новая Земля в структуре Обско-Баренцевского осадочного мегабассейна по результатам работ на опорном профиле 2-АР // Разведка и охрана недр, 2005б, № 1, с. 6—9.
- Верниковский В.А., Салтыкова Е.Б., Котов А.Б., Пономарчук В.А., Ковач В.П., Травин А.В., Яковлева С.З., Беренская Н.Г.** Возраст постколлизийных гранитоидов Северного Таймыра: U-Pb-, Sm-Nd-, Rb-Sr- и Ar-Ar-данные // ДАН, 1998, т. 363, № 31, с. 375—378.
- Верниковский В.А., Пиис В.Л., Верниковская А.Е., Романов А.П., Джи Д.Дж., Травин А.В.** Раннетриасовые А-граниты Таймыра — результат Северо-Азиатского суперплюма // ДАН, 2001, т. 380, № 1, с. 87—93.
- Воронов В.Н., Коркунов В.К.** Особенности сочленения Уральского складчатого пояса, Пай-Хоя и структур фундамента Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 40—48.
- Геология и полезные ископаемые России. Т. 5. Арктические и дальневосточные моря. Кн. 1. Арктические моря / Под ред. И.С. Грамберга, В.Л. Иванова, Ю.Е. Погребницкого. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 468 с.**
- Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых / Ред. Е.А. Козловский. Т. 9. Моря Советской Арктики / Под ред. И.С. Грамберга, Ю.Е. Погребницкого. Л., Недра, 1984, 280 с.**
- Гиршгорн Л.Ш.** Рифтогенные структуры севера Западной Сибири // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1988, т. 63, вып. 5, с. 20—35.
- Гиршгорн Л.Ш., Кабалык В.Г., Соседков В.С.** Верхнепалеозойские отложения северо-востока Западной Сибири // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1987, т. 62, вып. 6, с. 76—90.
- Грамберг И.С., Бондарев В.И., Соболев Н.Н., Дараган-Сушова Л.А.** Реконструкция геологического строения восточных районов Баренцевоморского региона на основе комплексного анализа геолого-геофизической информации // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология / Под ред. Д.А. Додина, В.С. Суркова. СПб., ВНИИОкеангеология, 2002, с. 193—201.
- Дараган-Сушова Л.А., Павленкин А.Д., Посёлов В.А., Мурзин Р.Р., Дараган-Сушов Ю.И.** История геологического развития Баренцево-Карского региона по результатам комплексного анализа региональной геолого-геофизической информации // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 3. СПб., ВНИИОкеангеология, 2000, с. 145—160.
- Енцова Ф.И.** Тектоническая природа Пай-Хоя и его взаимоотношение с Уралом // Геотектоника, 1981, № 1, с. 58—69.
- Кунин Н.Я., Самойлюк Л.А.** Строение земной коры севера Западно-Сибирской плиты // Советская геология, 1982, № 8, с. 97—105.
- Новая Земля и остров Вайгач. Геологическое строение и минерагения / Ред. Ю.Е. Погребницкий. СПб., ВНИИОкеангеология, 2004, с. 28—37.**
- Петров О.В., Соболев Н.Н., Брехов Г.В.** Особенности формирования геологических структур и перспективы нефтегазоносности северо-запада Сибирской платформы в палеозое—раннем мезозое // Недра Таймыра. Вып. 5. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2002, с. 93—106.

Сакулина Т.С., Рослов Ю.В., Иванова Н.М. Глубинные сейсмические исследования в Баренцевом и Карском морях // Физика Земли, 2003, № 6, с. 5—20.

Сакулина Т.С., Телегин А.Н., Тихонова И.М. Особенности динамической обработки сейсмических записей преломленных волн // Разведка и охрана недр, 2005, № 1, с. 9—13.

Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М., Недра, 1981, 143 с.

Тектоника и металлогения ранних киммерид Новой Земли / Ред. Ю.Е. Погребницкий. СПб., Недра, 1992, 187 с.

Устрицкий В.И. О соотношении Урала, Пай-Хоя, Новой Земли и Таймыра // Геотектоника, 1985, № 1, с. 51—61.

Устрицкий В.И., Храмов А.Н. История формирования современной структуры Арктики // Тектонические процессы. Доклады советских геологов на XXVIII сессии Международного геологического конгресса. М., Наука, 1989, с. 122—130.

*Рекомендована к печати 21 апреля 2014 г.
В.А. Конторовичем*

*Поступила в редакцию
30 мая 2013 г.*