

Л. А. ДАРАГАН-СУЩОВА, О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ),  
Ю. И. ДАРАГАН-СУЦОВ (ВНИИОкеангеология), М. А. ВАСИЛЬЕВ (ВСЕГЕИ)

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СЕВЕРО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Выполнена сеймостратиграфическая интерпретация и расчленение разреза осадочного чехла Северо-Карского шельфа. Подтверждена доминирующая роль верхнерифейско-среднепалеозойских толщ. В верхнем рифее – венде на месте шельфа существовала серия относительно глубоководных бассейнов, которые впоследствии объединились в седиментационный бассейн с регрессивным строением разреза. В результате герцинских событий на Северном Таймыре, Северной Земле и юге Карского моря на севере Карского шельфа с середины карбона произошли общее блоковое воздымание и глубокий размыв ордовикско-девонских комплексов. Показано, что в волновых полях пермско-триасовых рифтов на Северо-Карском шельфе не было. Мощность плитного этажа среднего карбона – мела очень незначительна и плавно увеличивается в сторону Баренцевоморских прогибов. Дается критический анализ террейновой концепции. Подчеркиваются индивидуальные черты геологического строения Северо-Карского шельфа, отличные от Баренцевоморских прогибов и Южно-Карской синеклизы.

Ключевые слова: *Северо-Карский шельф, сейсмические данные, верхнерифейско-среднепалеозойские толщи.*

Sedimentary cover partition of North Kara shelf and seismostratigraphy correlation is done on the ground of comprehensive seismic data. The key role of Upper Riphean – Middle Paleozoic series is confirmed. In Upper Riphean – Vendian on the place of shelf were a set of comparatively deep basins. Later they had united in common sedimentary basin with regressive structure. In the North-Kara shelf at the Middle Carboniferous a common block elevation and deep erosion of Ordovician – Cretaceous series had occurred as a result of Hercinian events at the North Taimyr, Severnaya Zemlya and south of Kara Sea. There were no Permian – Triassic rifts at the North Kara shelf. The thickness of upper tectonic unit of Middle Carboniferous – Cretaceous age is of no account and slowly increased in the direction of Barents Sea troughs. A critical view of the terrain conception is given. Individual peculiarities of geological structure of North Kara shelf, divergent from adjacent Barents troughs and South Kara syncline, are accentuated.

Keywords: *North-Kara shelf, seismic data, Upper Riphean – Middle Paleozoic.*

**Введение.** Северо-Карский шельф интересен как форпост континентальной коры на границе с Северным Ледовитым океаном и как наименее изученная площадь нефтегазоносного Баренцево-Карского региона. На юго-востоке и востоке акватории Северо-Карского шельфа обнажаются смятые в складки структурно-вещественные комплексы Северного Таймыра и Северной Земли, а на юго-западе и северо-западе экспонируются комплексы Новой Земли и Земли Франца Иосифа (ЗФИ). Южной границей является погребенный Северо-Сибирский порог. Северная граница проводится по бровке континентального склона.

В последние годы на севере Карского шельфа выполнен большой объем сейсмических работ, позволивших покрыть всю ранее не исследованную акваторию плотной сетью региональных профилей МОВ ОГТ с хорошей разрешающей способностью и глубиной. Северо-Карский шельф пересечен опорными профилями 3,4-АР, которые в совокупности с многочисленными региональными профилями дают возможность строить структурные

и палеоструктурные карты по различным отражающим горизонтам осадочного чехла. Несмотря на значительный прогресс в сейсмической изученности акватории северной части Карского моря, который, казалось бы, должен минимизировать число точек зрения на геологическое строение Северо-Карского шельфа, до настоящего времени число вариантов сосуществующих концепций не снижается. Нет единого мнения ни по одному вопросу геологии региона: стратиграфическому объему осадочного чехла, топонимике и контурам выделяемых прогибов и поднятий, истории геологического развития, тектоническим или геодинамическим режимам формирования структурных этажей и региона в целом, взаимоотношению Северо-Карского региона с Восточно-Баренцевским мегапрогибом.

Как ранее и предполагалось [8], определенно установлено, что с востока на запад, т. е. от Северной Земли к ЗФИ, выделяются Восточно-Карский прогиб, в котором накопилось до 14–16 км осадочных пород, Центрально-Карская гряда или

зона поднятий с сокращенной мощностью чехла и Западно-Карская впадина, открытая в сторону Восточно-Баренцевского мегапрогиба [12, 16]. На границе с последним выделяют грабенообразный желоб Св. Анны, который рассматривают как пограничную структуру между Свальбардской и Карской плитами, продолжающую пермо-триасовый Восточно-Баренцевский мегапрогиб к северу в Евразийский бассейн [25]. Детали сочленения и форма крупных структур Северо-Карского шельфа описываются по-разному. Объем и полнота разреза осадочного чехла прогибов у разных авторов варьируют от преимущественного верхнепалеозойско-мезозойского [6] либо средне-позднепалеозойского [8] до преобладания в разрезе чехла ордовикско-девонских терригенно-карбонатных пород и эвапоритов, сохранившихся в наиболее глубоких впадинах фундамента [16], или, по мнению А. В. Виноградова (1989), рифей-палеозойских, а по нашим данным, верхнерифейско-среднепалеозойских пород [11].

Ряд исследователей считает Северо-Карский осадочный бассейн частью Баренцевской шельфовой плиты [2] либо обширного Обско-Баренцевского мегабассейна, включая север Западно-Сибирской плиты и Енисей-Хатангский прогиб [5]. Под мезозойско-кайнозойским койлогенным чехлом мегабассейна выделена система рифтогенных прогибов, по которым произошел раскол и раздвиг континентальной коры и накопились мощные синрифтовые толщи преимущественно пермско-триасового возраста на молодом новообразованном базальтовом основании [4]. Близкую позицию занимал В. С. Сурков, который, основываясь на интерпретации аэромагнитных данных, полагал, что Колтогоро-Уренгойский грабен-рифт из Западной Сибири прослеживается под дном Карского моря на Северо-Карский шельф, являясь частью планетарной системы эпиконтинентальных арктико-атлантических рифтов на севере Евразии [24]. По С. В. Аплонову, напротив, прогибы Северо-Карского шельфа трактуются как остаточные океанические бассейны, разделяющие террейны и микроконтиненты [1].

Другие исследователи считают Северо-Карский шельф самостоятельной структурой, которая является либо фрагментом древней докембрийской Северо-Азиатской платформы [9, 21], либо независимым микроконтинентом (микроплитой), который был пространственно изолирован от соседних континентов еще в начале палеозоя [19]. Анализ геологического строения сухопутного и островного обрамления в совокупности с данными геофизических полей позволяет распространять структуры основания Северной Земли и Северо-Таймырской области на значительную часть Северо-Карского шельфа и рассматривать эту область как единую плиту (Северо-Карскую) с докембрийским фундаментом. В соответствии с первой моделью в основании Северо-Карского шельфа выделяют Северо-Карское сводовое поднятие (срединный массив) с гренвильским фундаментом, разбитым впоследствии на ряд интракратонных трогов. С точки зрения плитной модели Карский террейн рассматривают как часть эпигренвильского Гиперборейского кратона (Арктида), образованного в результате распада неопротерозойского суперконтинента Родиния. Глубокие прогибы шельфа (Восточно-Карский и Св. Анны) считаются рифтоген-

ными полициклического развития и заложились в верхнем рифее.

Глубокометаморфизованные, ультрабазитовые и гранитизированные породы Северного Таймыра рассматривают в зависимости от модели либо как выступы древних архей-раннепротерозойских пород или крупные интрузивные массивы [3, 13], либо как островодужные или офиолитовые ассоциации, которые трактуются как результат последовательных взаимодействий сначала островной дуги с блоком континентальной коры в верхнем рифее, а затем, в герцинское время, столкновением Карской плиты с Сибирью [7]. В публикации [16] несколько неожиданно Северо-Карский бассейн определен как надсубдукционный задуговый бассейн в тылу раннеордовикской вулканической дуги, проходившей вдоль Северной Земли и севернее современного Таймыра. Есть мнение, что Северо-Карский террейн является не самостоятельной структурой, а частью палеоконтинента Балтики, что следует из отсутствия доказательств западной границы террейна, которая отделяла бы палеозойские породы Новой Земли от одновозрастных толщ Северной Земли [26].

Несмотря на действительно сложное геологическое строение Северо-Карского шельфа, складывается впечатление, что большое количество взаимоисключающих концепций является следствием приверженности авторов к разным идеям и парадигмам, и лишь во вторую очередь к учету фактического материала. Наша задача – анализ обширного сейсмического материала, его интерпретация с привлечением данных по геологии материкового обрамления и архипелагам, обсуждение результатов исследований и попытка аргументированной минимизации вариантов существующих представлений о геологическом строении Северо-Карского шельфа.

**Фактический материал.** Для изучения строения осадочного чехла Северо-Карского шельфа использовались профили МОВ ОГТ с хорошим качеством сейсмической записи, позволяющей достаточно уверенно выделять отражающие горизонты (ОГ), расчленять разрез и проводить сейсмостратиграфическую корреляцию. Основной объем составили профили, выполненные ОАО «Севморнефтегеофизика» (г. Мурманск, ОАО «СМНГ») в 2005–2008 гг. по сети 60 × 60 км с длиной косы 6000 м и кратностью перекрытия наблюдений 120 (рис. 1). Для региональной увязки привлекались опорные профили 3,4-АР, отработанные ФГУНПП «Севморгео» (г. Санкт-Петербург) в 2003–2007 гг. Это наиболее современные трансрегиональные сейсмические профили с комплексом геофизических исследований ГСЗ, МОГТ, НСП, длиной косы 4500–6000 м, кратностью 90–120 и длиной записи 8–12 с. Для присевероземельской акватории Северо-Карского шельфа использованы немногочисленные профили Мурманской арктической геофизической экспедиции (МАГЭ), отработанные в 1987–1988 гг. с длиной косы 2,4 км и кратностью перекрытия наблюдений 24. Все сейсмические данные в формате SEG-Y интерпретировались по единой методике в программном пакете «The Kingdom Suite». Выделенные ОГ привязаны к опорным стратиграфическим разрезам ЗФИ, Новой Земли, Северной Земли и Северного Таймыра.

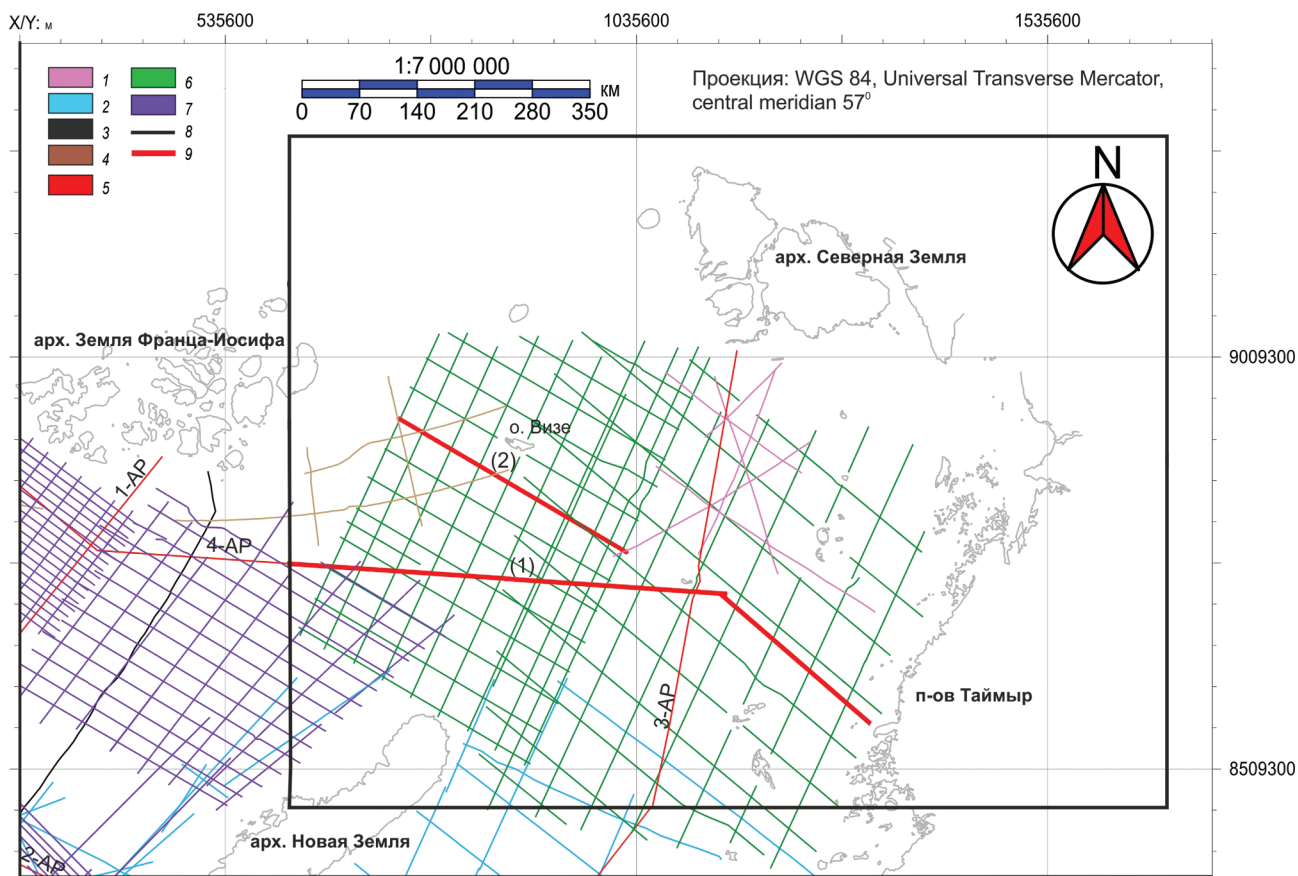


Рис. 1. Схема сейсмической изученности Северо-Карского шельфа

1 – ОАО «МАГЭ», 1987; 2 – ОАО «СМНГ», 1980–1990; 3 – ШГСП, 1990–1995; 4 – ФГУНПП «ПМГРЭ», 1994; 5 – ФГУНПП «Севморгео», 2002–2007; 6 – ОАО «СМНГ», 2002–2009; 7 – ОАО «МАГЭ», 2006–2010; 8 – площадь исследования; 9 – примеры волновых полей – (1) и (2)

**Волновые поля.** По результатам привязки ОГ и сейсмокомплексов к стратиграфическим разрезам сопредельной суши принята индексация ОГ, впервые предложенная и обоснованная А. В. Виноградовым (1989), которая расширена и уточнена (в основном за счет верхней части разреза) по результатам интерпретации профилей AP-3,4. Снизу вверх по разрезу осадочного чехла на профилях выделяются следующие ОГ:  $F_1$  – поверхность гренвилльского основания (фундамент);  $F_2$  – разновозрастный акустический фундамент; VI – подошва кембрия; V–VI – подошва ордовика – кровля кембрия; V – в ордовике; V–IV – в подошве силура – кровле ордовика; IV<sub>1</sub> – в кровле нижнего силура; IV – в кровле силура; III<sub>1</sub> – в нижнем девоне; III<sub>2</sub> – в среднем девоне; III<sub>3</sub> – подошва верхнего девона; II<sub>2</sub> – в среднем карбоне; I–II – подошва нижней перми – кровля верхнего карбона; Ia – кровля карбонатов ранней перми; I<sub>1</sub> – в кровле нижней перми; I<sub>2</sub> – в верхней перми; I – в кровле верхней перми; A<sub>1</sub> – в кровле нижнего триаса; B – в кровле триаса; В – в кровле юры;  $\Gamma_{0,1,2}$  – горизонты в меловых отложениях.

Для характеристики волновых полей сеймо-стратиграфических комплексов (ССК) Северо-Карского шельфа наиболее информативен профиль 4-AP (рис. 1, J), который пересекает все основные структуры региона и, кроме того, имеет более качественное волновое поле, в связи с улучшенной методикой полевых работ по сравнению с профи-

лем 3-AP. По характеру волнового поля профиля в пределах Северо-Карского шельфа можно выделить два совершенно разных участка. Восточный: пункт взрыва (пв) 32400-36300, примыкающий к Таймырско-Североземельской складчатой системе, и западный участок, относящийся к собственно Северо-Карской плите по горизонтам от докембрия до верхнего девона включительно – пв 17300-32400 (рис. 2).

Восточный участок разбит зонами потери корреляции, связанными с разломной тектоникой, на ряд блоков. На самом восточном блоке мы имеем в основном неструктурированную сейсмическую запись волнового поля. Как правило, подобная запись характерна для пород фундамента. В самой верхней части разреза прослеживается несколько осей синфазности, заканчивающихся внизу шероховатой границей, связанной с поверхностью фундамента, судя по небольшим скоростям, из-за небольшого объема мезозойско-кайнозойских пород. Скорости в неструктурированном волновом поле меняются от 4,5–5,5 в верхней части разреза до 6,2 км/с на уровне преломляющей границы, вероятно, связанной с разделом между складчатым и кристаллическим фундаментом. Далее на запад наблюдается блок с пятью слоистыми ССК, разделёнными несогласными границами. В этом блоке (Известинский прогиб) мы имеем волновое поле, аналогичное волновым полям по профилю 029014 на шельфе севернее Новой Земли и в центральной части Южно-Карской

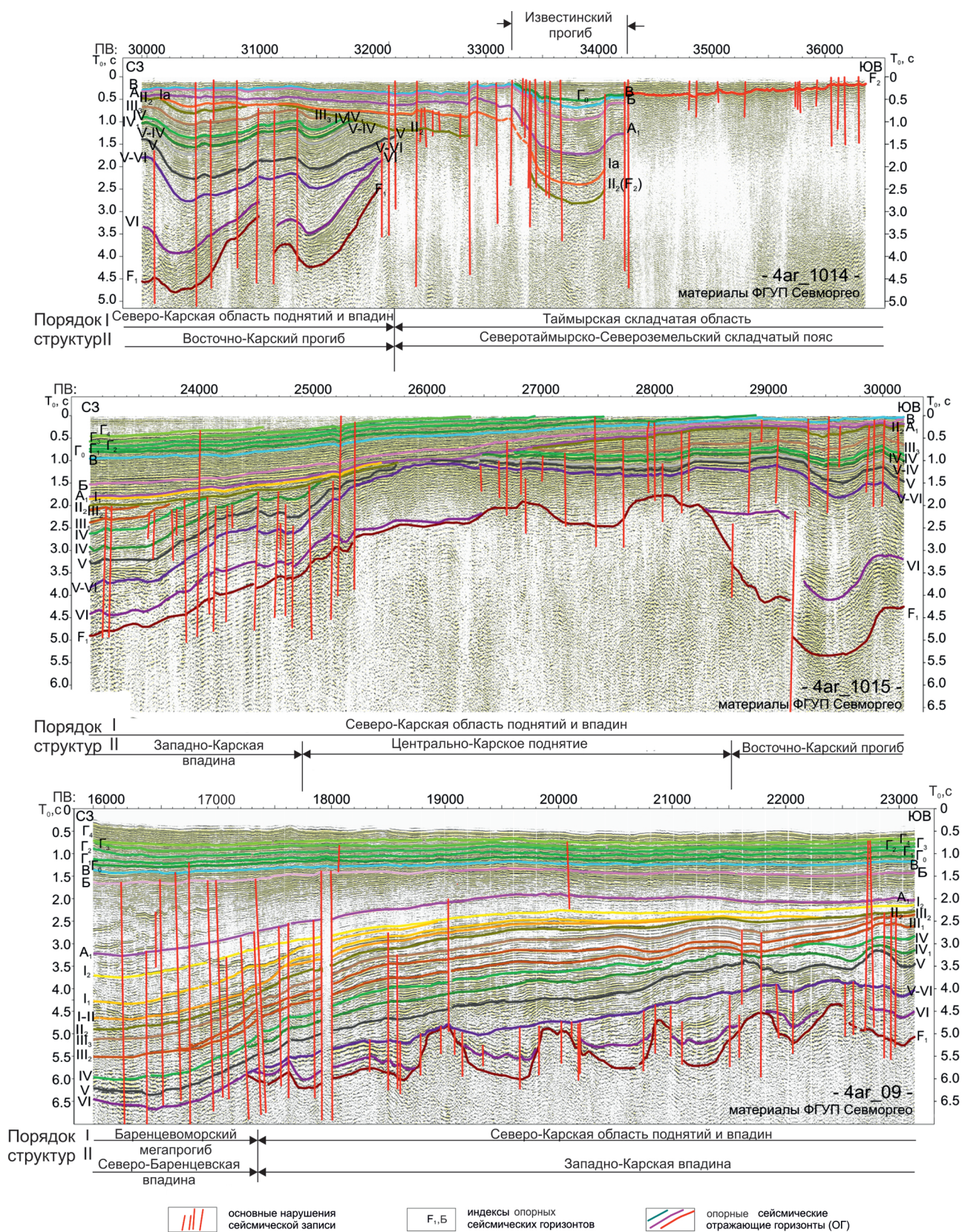


Рис. 2. Волновое поле, иллюстрирующее строение осадочного чехла Северо-Карской плиты по профилю 4-АР. Пример (1) на рис. 1. По материалам Севморгео; интерпретация авторов

синеклизы на опорном профиле 2-АР от пород верхнего палеозоя, триаса (С<sub>3</sub>-Р, Т), формирующихся в межгорных впадинах и перекрытых юрско-меловой толщей [20]. Скоростные характеристики в ССК: триас ОГ А<sub>1</sub>-Б – 3,0, 3,5, 4,0; верхняя пермь – нижний триас ОГ I<sub>2</sub>-А – 4, 4,5; верхний карбон – нижняя пермь ОГ II-I<sub>1</sub> – 5,0 км/с. Скорости КМПВ-ГСЗ в складчатом фундаменте колеблются от 5,5 до 6,2 км/с. Учитывая, что на севере Таймыра и на Северной Земле доказана герцинская складчатость, стратификация наблюдаемых ОГ в этом прогибе не противоречит геологическим данным. Далее на запад по профилю эти комплексы по зонам нарушения сейсмической записи, формирующимся в самое позднее (альпийское) время, резко поднимаются вверх, налегая на нижнюю ярко выраженную эрозионную поверхность, сокращаясь в мощности в некоторых случаях за счет значительного размыва этих отложений (ОГ Б, В, Г<sub>0</sub>).

В западном участке, западнее пв 32400 после регионального нарушения сейсмической записи, разграничивающего две разновозрастные складчатости, верхние комплексы налегают на ярко выраженную эрозионную поверхность, заполняя её впадины в рельефе. Комплекс заполнения верхнекаменноугольно-пермской осадочной формации известен на островах Северной Земли, где он с резким угловым и стратиграфическим несогласием залегает соответственно на дислоцированных толщах рифея – венда, ордовика и девона [23]. На Северо-Карском шельфе в волновом поле профиля 4-АР отчетливо прослежено подобное эрозионное несогласие, приуроченное на о-вах Северной Земли к карбону – верхнему девону – группе ОГ II. До пв 30000 верхние комплексы прослеживаются в интерференции. Скорости детально не определяются, в этом диапазоне разреза они от 2,0 до 3 км/с. С пв 28800 на запад выше горизонта В появляются ОГ группы Г, связанные с меловыми отложениями. До пв 28800 все ОГ выше ОГ II прослеживаются единым интерференционным пакетом до пв 27400. Скорости остаются прежними. Далее на запад, до серии крупных нарушений в районе пв 17300-17800, мощности верхнепалеозойских и мезозойских ССК постепенно увеличиваются. ОГ из интерференционных пакетов оформляются в самостоятельные горизонты. С пв 22700 появляются новые горизонты, связанные с отложениями С<sub>2-3</sub>-Р<sub>1</sub>. Скорости до пв 23000 вверху разреза до ОГ Б от 2 до 3, между ОГ групп I-A – 4,0 км/с. Между пв 23000 и 19500 скорости в этих толщах начинают меняться: теперь уже диапазон от 2 до 3 км/с прослеживается в толще до ОГ В, между ОГ Б-В – 3,5, ОГ групп А-Б – 4, ОГ групп I-A – 4,5, ОГ групп II-I от 4,5 до 4,8 км/с. Далее на запад до пв 17300 увеличиваются мощности пермо-нижнетриасовых ССК. Скорости выше ОГ I<sub>1</sub> остаются неизменными; в толщах между ОГ, привязанных к пермокарбонувым отложениям (ОГ I<sub>a</sub>, I-II), скорости увеличиваются от 5 км/с.

От пв 32400 до sp 17300 ниже основного несогласия в регионе (ОГ II<sub>2</sub>) наблюдается слоистое слабodeформированное волновое поле, характерное для осадочного чехла. В волновом поле выделяется несколько ССК, ограниченных опорными горизонтами: F<sub>1</sub>, VI, V-VI, V, V-IV, IV<sub>1</sub>, IV, III<sub>1</sub>, III<sub>3</sub>, II<sub>2</sub>, три из них (VI, V-VI, V), имеют ярко выраженные участки с эрозионными несогласиями, некоторые (IV, III<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>) прослеживаются не повсе-

местно. Подобная стратификация ОГ согласуется с геологическими данными обрамления Северо-Карского шельфа. В целом в районе пв 17300-32400 с верхнего протерозоя до девона включительно Северо-Карский шельф представлял собой обширный прогиб с большими мощностями отложений. В волновом поле между ОГ F<sub>1</sub> – II<sub>2</sub> по профилю 4-АР выделяются два структурных этажа. Нижний, между ОГ F<sub>1</sub> – V-VI, отличается большими колебаниями мощностей: в прогибах от 3,0 до 8–9, на Центрально-Карском поднятии от 3 до 5,5 км. Нижний этаж, по наличию большого количества нарушений со значительными смещениями, можно отнести к параплатформенному этапу развития территории. Верхний этаж, между ОГ V-VI – II<sub>2</sub>, имеет относительно стабильные мощности (от 2 до 3,5 км), но сохранён только на бортах палеоструктуры, так как в карбоне палеозойский прогиб претерпел инверсию. В результате наиболее поднятая часть, от пв 21400 до 27500, подверглась значительной эрозии, палеозойские породы здесь эродированы вплоть до ордовикских включительно. В Западно-Карской впадине (пв 17300-24000) девонские отложения развиты в большем объеме, чем на восточном (пв 27500 – sp 32400). Здесь, начиная с пв 22400, на западе появляются ОГ, связанные с отложениями карбона. Кроме того, восточная часть Центрально-Карского поднятия гипсометрически выше, чем западная. Скорости в нижнем структурном этаже (ОГ V-VI – F<sub>1</sub>) меняются от 5,0 до 6,0–6,2 км/с. Скорости между II и V-VI ОГ (ордовик – девон, возможно, нижняя часть карбона) на Центрально-Карском поднятии колеблются от 3,5 до 5,0, а в Западно-Карской впадине от 4,5 до 5,5 км/с. Всё волновое поле профиля разбито субвертикальными нарушениями, особенно самый нижний структурный этаж. Интенсивность нарушений несколько ослабевает с востока на запад по мере удаления от Таймыро-Североземельских герцинов.

Интерпретация профиля 3-АР, пересекающего Северо-Карский шельф в субмеридиональном направлении от Северо-Сибирского порога на юге до западной оконечности о. Октябрьской Революции на севере, показала, что мощности выделенных ССК и характеристики их волновых полей хорошо коррелируются с мощностью и литологией разреза разновозрастных толщ материкового обрамления. Так, отложения карбонатных шельфов, отмеченные на геологических колонках в нижнем-среднем девоне, силуре и среднем ордовике, в волновом поле отражаются протяженными, низкочастотными, интенсивными отражениями (V, V-IV, IV<sub>1</sub>, IV, III<sub>1</sub>), что характерно для формирования отражений в одинаковых условиях карбонатного шельфа. Однозначно коррелируются с геологическими данными и основные несогласия, выделенные в волновых полях: предкембрийское ОГ VI, предордовикское ОГ V-VI, преднижнедевонское ОГ IV и самое яркое в верхней части карбона ОГ группы II, внутри перми, между пермью и триасом ОГ I<sub>1</sub>, А<sub>1</sub>, между триасом и юрой ОГ Б, между юрой и мелом ОГ В и в меловой толще ОГ группы Г. Скоростные характеристики в осадочном чехле (до фундамента) меняются от 3 до 5,8 км/с. В волновом поле выделяются, как и на профиле 4-АР, три структурных этажа.

В волновом поле профиля 140708\_8a (рис. 1, 2), расположенного между о. Визе и арх. ЗФИ,



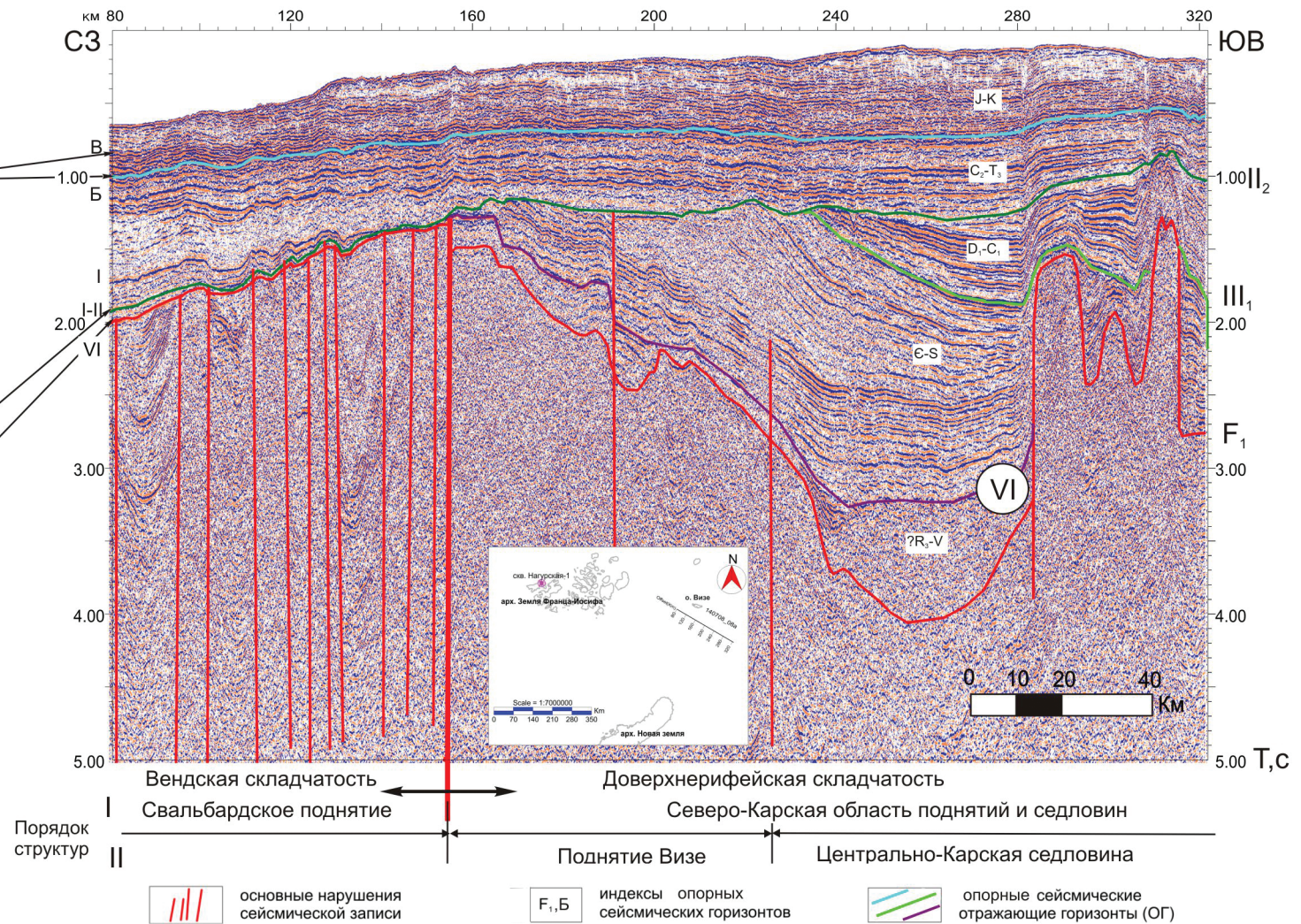


Рис. 3. Волновое поле по профилю 140708\_08а. Пример (2) на рис. 1. По материалам ОАО «СМНГ»; интерпретация авторов

ки, и региональные несогласия, разделившие чехол на несколько этажей, отличающихся особенностями седиментации. Общая мощность осадочного чехла в центральном блоке от 3,5 до 14 км. Значительно увеличен стратиграфический объем чехла – от верхнего рифея до кайнозоя. Наиболее сильные колебания мощностей наблюдаются для рифей-кембрийских отложений, сформировавших нижний этаж (ОГ F<sub>1</sub> – V–VI), от 0 км на юге Центрально-Карского поднятия до 7–9 км на севере Восточно-Карского прогиба. На Северной Земле разновозрастные отложения представлены флишоидными терригенными, а для кембрия и молассоидными карбонатно-терригенными морскими формациями общей мощностью до 4 км [23]. Вышележащий этаж Северо-Карской плиты представлен ордовикско-девонскими мелководноморскими и прибрежно-морскими терригенно-карбонатными и карбонатно-терригенными, а для девона и континентальными толщами суммарной мощностью до 6 км. На соседней Северной Земле ордовикские отложения со стратиграфическим несогласием и базальными конгломератами перекрывают карбонатно-терригенные породы кембрия [17]. Ордовикско-девонский этап образует четкий регрессивный седиментационный цикл, ограни-

ченный снизу позднекембрийским перерывом, а сверху угловым несогласием каменноугольного возраста. Мощности отдельных сейсмокомплексов на сохранившихся от последовательного размыва участках-прогибах достаточно выдержаны, несколько увеличиваясь лишь ближе к границе с западным блоком. Начиная с пв 19 000 до 17300, ордовик уменьшается в мощности, а кембрий и докембрий выклиниваются в том же направлении. Мощности ордовикско-девонских сейсмокомплексов тождественны разновозрастным стратиграфическим подразделениям Северной Земли [23].

Наиболее радикальные преобразования произошли в карбоне в связи с герцинскими событиями на Северном Таймыре и Северной Земле, знаменуя собой начало собственно плитного этапа в развитии Северо-Карского региона. На Северной Земле и на севере Таймыра позднепалеозойские континентальные, реже прибрежно-морские, терригенные породы залегают с резким угловым несогласием практически горизонтально на дислоцированных и размывтых разновозрастных древних отложениях. На севере Карского моря герцинские движения проявились в общем блоковом воздымании и глубоком размыве ордо-

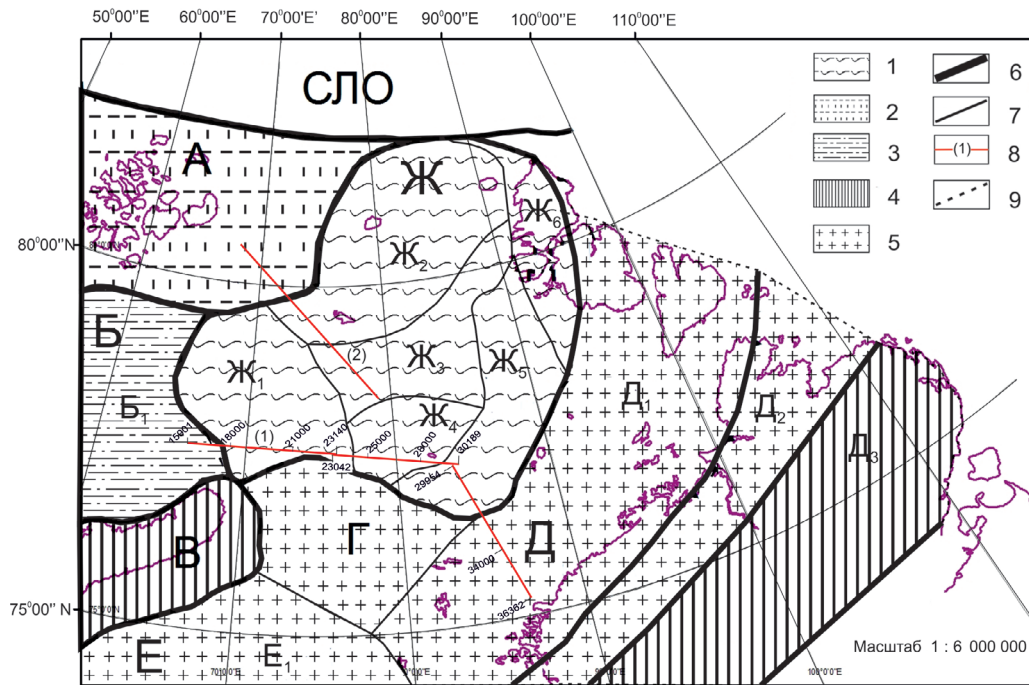


Рис. 4. Структурно-тектоническая схема Северо-Карского региона по кровле разновозрастного фундамента. Авторский вариант с использованием данных СМНГ, МАГЭ, Севморгео и публикаций [7, 11, 12, 16, 20, 23]

1–5 – области с разновозрастным фундаментом: 1 – гренвилльский, 2 – предположительно вендский, 3 – доордовикский, 4 – герцинский, 5 – раннекеммерийский; 6 – границы областей; 7 – границы крупных структур; 8 – примеры волновых полей; 9 – граница площади исследования.

Структуры и области: А – Свальбардское поднятие; Б – Баренцевоморский мегапрогиб (Б<sub>1</sub> – Северо-Баренцевская впадина); В – Новоземельская складчатая область; Г – Северо-Сибирский порог; Д – Таймырская складчатая область (Д<sub>1</sub> – Северотаймырско-Североземельский складчатый пояс, Д<sub>2</sub> – Центрально-Таймырская коллизионная зона, Д<sub>3</sub> – Южно-Таймырский складчатый пояс); Е – Западно-Сибирская плита (Е<sub>1</sub> – Южно-Карская синеклиза); Ж – Северо-Карская область поднятий и впадин (Ж<sub>1</sub> – Западно-Карская впадина, Ж<sub>2</sub> – поднятие Визе, Ж<sub>3</sub> – Центрально-Карская седловина, Ж<sub>4</sub> – Центрально-Карское поднятие, Ж<sub>5</sub> – Восточно-Карский прогиб, Ж<sub>6</sub> – Присевоземельское поднятие); СЛО – Северный Ледовитый океан

викско-девонского комплекса, а иногда и более древних пород. Структурных несогласий в прогибах не выявлено. Анализ волновых полей показывает, что утонение ордовикско-девонских толщ к сводовой части поднятий происходит не за счет выклинивания сейсмокомплексов, а в основном благодаря их размытию в среднем карбоне. Незначительные дислокации платформенного типа отмечены лишь вблизи восточной границы блока, в зоне его сочленения с герцинидами Таймыра и Северной Земли. Пологие деформации этого типа отмечены наземными наблюдениями на о. Пионер. Мощность плитного среднекаменноугольно-триасового юрско-мелового комплекса, образующего самостоятельный этаж, плавно увеличивается с востока плиты на запад от 500 м на поднятиях в районе пв 30400-30200 и 25400-25700 до 3,5–4,0 км в сторону Баренцевоморских прогибов. В том же направлении, вероятно, возрастает мористость отложений [2]. На юге Центрально-Карского поднятия и севере Восточно-Карского прогиба мощность комплекса не превышает 1 км. На Северной Земле комплекс представлен преимущественно песчаниками, алевролитами, реже конгломератами и гравелитами палеонтологически доказанного верхнекаменноугольно-пермского возраста. Триаса здесь вообще нет. Мощность комплекса не превышает 200 м.

Восточный блок, прилегающий к Восточно-Карскому прогибу и герцинидам Таймыра, имеет простое строение: герцинский дислоцированный

фундамент и верхнепалеозойско-триасовый осадочный чехол. В наиболее прогнутой части Известинского прогиба мощность доюрского осадочного чехла составляет более 4 км. На долю триасовых отложений приходится не менее половины объема осадков. На бортах прогиба мощность верхнепалеозойско-триасовых отложений не превышает первых сотен метров. Дислоцированность блока значительная по бортам прогиба и в зоне его сочленения с центральным блоком.

Интерпретация сейсмических материалов по северу Карского моря убеждает в том, что эта область развивается в плитном режиме только с карбона. В верхнем рифее и венде на месте Северо-Карской плиты существовала серия относительно глубоководных бассейнов, разделенных менее глубокими участками. Размеры, конфигурация и количество этих бассейнов неизвестны. Однако следует учитывать, что слабая окатанность обломочного материала в аналогичном верхнерифейско-вендском бассейне Северной Земли [23] указывает на близость источника сноса, который в это время располагался западнее современного о. Большевик. Могли существовать и другие местные поднятия. В изолированных морских бассейнах умеренных глубин в условиях длительного пульсационного прогибания накапливалась терригенная морская флишидная формация, иногда в наиболее глубоких придонных участках с сероводородным заражением. Судя по повышенным значениям магнитных аномалий и специфическому характеру сейсмической записи

(интенсивные низкочастотные «корявые» ОГ), не исключено наличие интрузий. Уже к концу раннего кембрия и до середины позднего кембрия в результате байкальских движений на о. Большевик и, возможно Таймыре, изолированные бассейны предшествовавшего периода объединились в более широкий и мелкий бассейн. Наблюдается значительное сходство кембрийских отложений Новой Земли и Северной Земли. Флишоиды сменились более грубыми молассоидами. К концу кембрия бассейн обмелел, о чем свидетельствуют региональное предордовикское несогласие (ОГ V–VI) и перерыв в осадконакоплении.

Начиная с ордовика и до конца девона на Северо-Карском шельфе снова возникает обширный седиментационный бассейн с регрессивным строением разреза, в котором сначала накапливаются мелководные морские и прибрежно-морские карбонатные и карбонатно-терригенные толщи (протяженные интенсивные отражения ОГ в диапазоне от V–VI до III<sub>2</sub>), а затем в девоне континентальные, реже прибрежно-морские, исключительно терригенные пестроцветные и красноцветные отложения. Сохранившиеся от последующего размыва толщи этого этапа указывают на асимметричную форму бассейна, раскрывающегося в сторону Баренцевских прогибов с постепенным увеличением объемов поступления осадочного материала в этом направлении. На северо-востоке бассейн определенно захватывал современную Северную Землю.

На рубеже девона и карбона, а скорее в середине карбона, в результате герцинской складчатости на Таймыре и Северной Земле и последующего горообразования на месте Северо-Карского прогиба возник обширный свод, размыв которого и обеспечивал осадочным материалом не только плиту, но и соседние Баренцевоморские прогибы. Другим источником осадочного материала были герциниды Южно-Карской синеклизы и Северо-Сибирского порога [20]. По сравнению с ордовикско-девонским бассейном область осадконакопления в верхнем палеозое и триасе сместилась на запад, поскольку на Северной Земле и Таймыре в это время были возвышенности. Судя по геологии Северной Земли, Северного Таймыра, архипелага ЗФИ и сейсмогеологическим данным на севере Новой Земли на месте современной Северо-Карской плиты накапливались преимущественно континентальные толщи, которые по мере продвижения в сторону Баренцева моря сменялись прибрежно-морскими и морскими отложениями. По мере углубления бассейна среди преобладающих терригенных пород появлялись карбонаты.

**Обсуждение.** Реконструкция истории геологического развития Северо-Карского шельфа, основанная на интерпретации современных геофизических и геологических материалов, подтверждает первоначальную концепцию А. В. Виноградова (1989) о доминирующей роли верхнерифейско-среднепалеозойских толщ в строении осадочного чехла. Альтернативный вариант, предлагающий практически все наблюдаемые ОГ связать с пермо-триасово-меловыми отложениями, основан исключительно на относительно пониженных значениях пластовых скоростей в палеозойских отложениях. Не принимаются во внимание ни палеонтологически доказанные данные матери-

альной геологии, ни особенности волновых полей на профилях МОГТ, не выполнена фазовая корреляция ОГ. Скорости между II и V–VI ОГ (ордовик – девон, возможно, нижняя часть карбона) на Центрально-Карском поднятии колеблются от 3,5 до 5,0, а в Западно-Карском прогибе от 4,5 до 5,5 км/с. Из геологии обрамления Северо-Карского шельфа известно, что породы девонского возраста представлены терригенными, а ордовикско-силурийские терригенно-карбонатными породами. В карбонатах, как правило, диапазон скоростей 4,0–6,5 км/с. Силурийско-ордовикские породы, наблюдаемые здесь в прогибах со скоростями 4,0–5,5 км/с, попадают в этот диапазон. В терригенных породах значения скоростей связаны с условиями формирования бассейна и особенно с глубиной погружения терригенных осадков [10]. Относительно пониженные скорости в терригенных породах девона в Восточно-Карском прогибе могут говорить о том, что они здесь никогда не погружались на значительную глубину. Таким образом, вариант стратиграфической привязки горизонтов, основанный только на значениях скоростей пород, не корректен. Например, значения скорости 4,5 км/с присущи как юрским терригенным породам Шпицбергена (скв. Грумантская), так и аналогичным девонским толщам в скважинах Печорской синеклизы. Но ведь никто и не считает их одновозрастными.

Сейсмостратиграфия показала сложное строение Северо-Карского шельфа. Однако разочарование в возможностях классических геологических методов для изучения региона и замена их петрогеохимическими, геохронологическими и особенно палеомагнитными [7] явно преждевременны. Так, выделение в раннем-среднем палеозое относительно небольшого Карского террейна, окруженного со всех сторон океаном [27], противоречит именно геологическим и сейсмическим данным. Профили МОГТ однозначно определяют единство осадочных бассейнов востока Баренцева и севера Карского морей в раннем-среднем палеозое (рис. 2). Никакой границы, разделяющей оба бассейна, тогда не было. Это был единый асимметричный бассейн, возможно часть Балтики [26], хотя не исключено, что в раннем-среднем палеозое Северо-Карский шельф был частью еще более обширного континентального блока. Поэтому небольшие проявления бимодального, частично наземного магматизма на границе западной и восточной структурно-фациальных зон на Северной Земле следует трактовать не как раннеордовикскую островную дугу [16], а как интракратонный прогиб, возможно, рифтогенного типа [23]. Возникает естественный вопрос, что если в палеозое между Сибирским и Карским континентами был океан, то почему не известны палеозойские офиолитовые и островодужные комплексы. Второе возражение против террейновой концепции связано с проблемой источника сноса осадочного материала, которого в раннем-среднем палеозое на Северо-Карском шельфе накопилось до 6–8 км. Как на относительно небольшом блоке континентальной коры, окруженном океаническими пространствами, мог накопиться такой объем осадков? Откуда поступал материал? Это могло произойти только, если Северо-Карский шельф в это время был частью крупного континентального массива с областями размыва.

Ответ на вопрос о геодинамической обстановке в регионе в верхнем рифее – венде менее определенный. В соответствии со многими современными реконструкциями в то время между палеосибирью и Карским массивом располагалась океаническая плита или задуговой бассейн с океанической корой. Наблюдаемый в Центрально-Таймырской зоне коллаж фрагментов докембрийского континентального массива в островодужном, задуговом и офиолитовом неопротерозойском матриксе интерпретируют как зону аккреции надсубдукционной островной дуги с континентальной окраиной Сибири, которая к середине венда была смята в складки [7, 19]. Предлагается также рассматривать аккреционную зону Центрального Таймыра как синоним позднебайкальского орогена [22]. Против такой трактовки неопротерозойских событий есть ряд возражений. Никаких реальных доказательств обдукции и аллохтонного положения аккреционного пояса на краю Сибирского кратона в предложенной модели нет. Отсутствуют четкие критерии разделения островодужных и задуговых ассоциаций. Сейсмические данные по Северо-Карскому шельфу подтвердили ранее сделанный вывод [9], что флишеидные терригенные толщи на о. Большевик и Северном Таймыре, как и на Северо-Карском шельфе, накапливались в субплатформенных условиях в пределах интракратонных трогов, причудливая форма и размеры которых больше соответствуют галистазам (иловым впадинам), чем рифтам. Известно, что байкальские складчатые деформации на Северном Таймыре и Северной Земле не доказаны, никем не наблюдались контакты между отложениями докембрия и кембрия в обоих регионах [14]. Убедительно доказанная аллохтонная природа некоторых докембрийских континентальных блоков в пределах Центрально-Таймырской зоны [22] не означает байкальского возраста их возникновения. Нет однозначного свидетельства существования в верхнем рифее – венде пространств с океанической корой между Карским и Сибирским континентами. Изотопная датировка цирконов из плагиогранитов и гранатовых амфиболитов офиолитовых поясов Таймыра показывает лишь верхнедокембрийский возраст самих пород, но не возраст аккреции или, наоборот, дробления. Наконец, ордовикско-силурийские отложения, закартированные в отдельных блоках Центрально-Таймырской зоны, смяты в гармоничные складки с неопротерозойскими образованиями. Здесь все породы от докембрия до середины карбона сминались как единая пластина. Поэтому роль байкальской тектоники явно преувеличена. Коллаж разнородных блоков Центрального Таймыра, интенсивная надвиговая тектоника, юго-восточная вергентность складок, возраст постколлизийных гранитов и зональный региональный метаморфизм больше согласуются с герцинскими событиями, затронувшими все Карское море, Северный Таймыр и Северную Землю. Как это предполагалось Н. Н. Урванцевым еще в 30-е годы прошлого столетия, объяснявшего последовательность и дугообразную форму структурных зон Таймыра надвиганием глубинных древних формаций на краевую зону Сибирской платформы. Именно в это время герцинская складчатость захватила значительный район к югу и востоку от Северо-Карского шельфа, а на

самом шельфе происходит инверсия тектонического режима – на месте обширного бассейна возникает орогенный свод. Тогда образование южнокарско-северотаймырско-североземельской складчатой дуги герцинид можно рассматривать не как результат оползания и скупивания горных масс по периметру гипотетического мантийного диапира, возникшего в палеозое под Северо-Карской плитой [15], а как эффект тангенциальной коллизии северного континента, частью которого был Северо-Карский массив с Сибирской платформой вдоль сuture древнего заложения. Дальнейшее давление эпигренвильского Карского континентального блока вместе с причленившимися герцинидами на южный (Сибирский) континент в позднем триасе привело к образованию новой складчатой дуги ранние киммериды Южного Таймыра – Пай-Хой-Ямальская перемычка – Новая Земля. Причины горизонтальных движений крупных континентальных массивов и масштабы явления до сих пор не понятны.

Несмотря на периодическую экспансию осадочных бассейнов в соседние регионы, геологическое строение и история формирования Северо-Карского шельфа имеет индивидуальные черты, отличные от Баренцевских прогибов, в частности соседней Северо-Баренцевской впадины, и от Южно-Карской синеклизы. Для Северо-Карского шельфа характерен гренвильский фундамент, система верхнерифейско-вендских относительно глубоководных впадин (прогибов), инверсия тектонического режима в середине карбона с глубоким размывом наиболее приподнятой части свода, значительные блоковые движения. Для Северо-Баренцевской впадины фундамент не древнее ордовика, максимальное прогибание произошло в пермо-триасе, инверсии тектонического режима, регионального размыва и ощутимых блоковых движений не было. Здесь фиксируется спокойное залежание слоев, сформированных в результате непрерывной седиментации в равномерно погружающемся бассейне. В Южно-Карской синеклизе фундамент герцинский [20]. Начиная с середины карбона и особенно в перми и раннем триасе в межгорных прогибах накапливались молассовые терригенные осадки. С середины триаса происходит объединение локальных межгорных впадин в изометричный бассейн, в котором после палеоюрского регионального размыва в юре и мелу образуется Южно-Карская синеклиза, отделявшаяся от Северо-Карского шельфа Северо-Сибирским эпигерцинским порогом. В синеклизе накопилось более 4–5 км мезозойских терригенных морских, прибрежно-морских и континентальных осадков.

Совершенно очевидно, что пермо-триасовых рифтов на севере Карского моря не было. В перми и раннем триасе шельф был областью преимущественного размыва, осадки переносились в основном в Восточно-Баренцевский мегапрогиб. Лишь со второй половины триаса на юго-востоке Северо-Карского шельфа образовалась небольшая впадина, которая заполнялась континентальной верхней молассой мощностью не более 2 км [11]. Прогибы Св. Анны и Воронина – новообразованные [18] сенонские или еще более молодые структуры, возникшие в связи с раскрытием Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана. Их молодой возраст отчетливо фиксируется резким углублением дна моря с 200–300 до 600 м. Никаких других свидетельств существования раз-

новоэридных рифтов под прогибом Св. Анны нет (рис. 3).

**Заклучение.** Сейсмостратиграфический анализ обширного сейсмического материала с привлечением данных по геологии материкового обрамления и архипелагам позволил дать ответы на ряд поставленных вопросов.

В строении осадочного чехла Северо-Карского шельфа доминируют верхнерифейско-среднепалеозойские толщи, сформировавшие два структурных этажа — верхнерифейско-кембрийский и ордовикско-девонский. В верхнем рифее и венде на месте шельфа существовала серия относительно глубоководных бассейнов, разделенных менее глубокими участками. В этих узких бассейнах накопилось до 7–9 км преимущественно флишеидных терригенных толщ. В кембрии в результате байкальской активизации на юго-востоке Северной Земли и, возможно Таймыре, изолированные бассейны объединились в более широкий и мелкий бассейн. Флишеиды сменились более грубыми молассоидами. После предордовикского перерыва на шельфе с ордовика до конца девона формируется обширный седиментационный бассейн с регрессивным строением разреза. В бассейне накапливались мелководноморские и прибрежно-морские карбонатные и карбонатно-терригенные толщи, которые к девону сменились континентальными, реже прибрежно-морскими пестроцветными и красноцветными терригенными отложениями. Мощность ордовикско-девонского чехла достигает 6 км. В середине карбона, в результате герцинской складчатости на Таймыре и Северной Земле и последующего горообразования, на месте Северо-Карского прогиба возник обширный свод, интенсивный размыв которого обеспечил осадочным материалом не только краевые части Северо-Карской плиты, но и соседние Баренцевоморские прогибы.

Пермо-триасовых рифтов на севере Карского моря не было. В это время шельф был областью преимущественного размыва. Лишь с середины триаса на юго-востоке Северо-Карского шельфа образовалась небольшая впадина, которая заполнялась континентальной верхней молассой. Прогибы Св. Анны и Воронина — новообразованные, возникшие в связи с раскрытием Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана.

До юры Северо-Карский шельф не был частью Баренцевской плиты. Его геологическое строение и история формирования имеют индивидуальные черты, отличные от Баренцевоморских прогибов и Южно-Карской синеклизы. Отличительные особенности Северо-Карского шельфа — древний доверхнерифейский фундамент, система верхнерифейско-вендских относительно глубоководных прогибов и впадин, инверсия тектонического режима в герцинское время с глубоким размывом наиболее приподнятой части свода, значительные блоковые движения.

Единство осадочных бассейнов востока Баренцева и севера Карского морей в раннем-среднем палеозое и значительная мощность отложений противоречат террейновой концепции. Результаты исследований скорее свидетельствуют о наличии крупного эпигренвильского континентального блока, частью которого был Северо-Карский регион. Коллизия северного континента с палеоСибирской платформой в позднем палеозое привела к образованию герцинской складчатой дуги к югу от Северо-Карского шельфа, а на самом шельфе произошла инверсия и на месте бассейна образовался орогенный свод.

бирской платформой в позднем палеозое привела к образованию герцинской складчатой дуги к югу от Северо-Карского шельфа, а на самом шельфе произошла инверсия и на месте бассейна образовался орогенный свод.

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

2. Баренцевская шельфовая плита / Под ред. акад. И.С. Грамберга. — Л.: Недра, 1988. — Т. 196. — 263 с.

3. *Беззубцев В.В., Залыаев Р.Ш., Сакович А.Б.* и др. Геологическая карта Горного Таймыра. М-6 1 : 500 000: Объясн. зап. — Красноярск, 1986. — 177 с.

4. *Верба В.В., Верба М.Л.* Структуры растяжения земной коры в Арктической геодепрессии // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / Гл. ред. Д.А. Додина, В.С. Сурков. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. — С. 93–108.

5. *Верба М.Л., Иванов Г.И.* Тектоническая карта Баренцево-Карского региона масштаба 1 : 2 500 000: нефтегеологический и геоэкологический прогноз // Труды РАО/CIS Offshore 2009 Proc. — СПб.: Химиздат, 2009.

6. *Верба М.Л., Матвеев Ю., Рослов Ю.В., Сакулина Т.С.* Литосфера Карско-Баренцевской шельфовой плиты и арктического побережья европейского Севера (по результатам исследований на опорном профиле 2-AP) // Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под ред. Н.В. Шарова, Ф.П. Митрофанова, М.Л. Вербы, К. Гиллена. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. — С. 182–216.

7. *Верниковский В.А.* Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. — Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1996. — 204 с.

8. Геология и полезные ископаемые России. Т. 5: Арктическое моря. Кн. 1 / Ред. И.С. Грамберг, В.Л. Иванов, Ю.Е. Погребницкий. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. — 468 с.

9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Листы Т-45-47 (о. Октябрьской Революции) и Т-48-50 (о. Большевик). Объясн. зап. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2003. — 213 с.

10. *Дараган-Суцова Л.А., Копылова А.В.* Эмпирические зависимости пластовых скоростей от глубины погружения пластов по данным скважинных исследований и морской сейсморазведки // Геофизические методы изучения шельфа и континентального склона. — Л., 1990. — С. 28–31.

11. *Дараган-Суцова Л.А., Дараган-Суцов Ю.И., Руквишишникова Д.Д.* и др. Фанерозойская история развития Баренцево-Карского региона на основе анализа структурных и палеоструктурных карт // Регион. геология и металлогения. 2009. № 38. — С. 21–30.

12. *Дараган-Суцова Л.А., Петров О.В., Дараган-Суцов Ю.И.* Северо-Карский регион — часть Баренцевоморского мегапрогиба или самостоятельная структура? // Труды РАО/CIS Offshore. 2011. — С. 54–60.

13. *Забяка А.И., Забияка И.Д., Верниковский В.А.* и др. Геологическое строение и тектоническое развитие Северо-Восточного Таймыра. — Новосибирск: Наука, 1986. — 144 с.

14. *Кабаньков В.Я.* Стратиграфия и корреляция позднекембрийских и кембрийских отложений Таймыро-Североземельской и Пайхой-Новоземельской складчатых областей // Актуальные проблемы региональной геологии Баренцево-Карского шельфа: Тез. докл. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 1997. — С. 29–30.

15. *Кузьмин В.Г., Шульга Ю.Д.* Новоземельско-Североземельская структурно-тектоническая зона и особенности ее развития в фанерозое // Актуальные проблемы региональной геологии Баренцево-Карского шельфа: Тез. докл. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 1997. — С. 38–39.

16. *Мальшев Н.А., Никишин В.А., Никишин А.М.* и др. Новая модель геологического строения и истории формирования Северо-Карского осадочного бассейна // Доклады РАН. 2012. Т. 445. № 1. — С. 50–54.
17. *Марковский В.А., Макарьев А.А.* Ордовикские отложения Северной Земли // Геология архипелага Северная Земля. — Л.: ПГО «Севморгеология», 1982. — С. 22–39.
18. *Мусатов Е.Е.* Неотектоника Арктических континентальных окраин // Физика Земли. 1996. № 12. — С. 72–78.
19. Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири м-ба 1 : 2 500 000 / Ред. Н.А. Богданов, В.Е. Хаин. — М.: ИЛРАН, 1998. — 127 с.
20. *Петров О.В., Дараган-Суцова Л.А., Соболев Н.Н., Дараган-Суцов Ю.И.* Строение доюрского основания северной части Западно-Сибирской плиты // Регион. геология и металлогения. 2005. № 26. — С. 153–168.
21. *Погребницкий Ю.Е.* Палеотектонический анализ Таймырской складчатой области. — Л.: Недра, 1971. Т. 166. — 284 с. (Тр. НИИГА).
22. *Самыгин С.Г.* Вендские покровы и тектоническое развитие Таймыра в позднем докембрии // Бюлл. МОИП, отд. геол. 2012. Т. 87. Вып. 4. — С. 3–19.
23. Северная Земля. Геологическое строение и минералогия / Под ред. И.С. Грамберга, В.И. Ушакова. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. — 187 с.
24. *Сурков В.С., Жеро О.Г., Смирнов Л.В.* Арктико-Северо-Атлантическая рифтовая мегасистема // Геология и геофизика. 1984. № 8. — С. 3–11.
25. *Шпилов Э.В., Матишов Г.А.* Тектоническая позиция и геодинамическая природа трога Святой Анны (север Баренцево-Карской континентальной окраины) // Доклады РАН. 2006. Т. 411. № 5. — С. 667–671.
26. *Lorenz H., Männik P., Gee D., Proskurnin V.* Geology of the Severnaya Zemlya Archipelago and the North Kara Terrain in the Russian High Arctic // Inter. J. Earth Sci. Geol. Rudsch. 2008. Vol. 97. P. 519–547.
27. *Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Yu.* et. al. Paleozoic history of the Kara microcontinent and its relation to Siberia and Baltica: paleomagnetism, paleogeography and tectonics // Tectonophysics. 2005. Vol. 398. P. 225–243.

*Дараган-Суцова Лидия Анатольевна* — канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <ldaragan@vsegei.ru>.  
*Петров Олег Владимирович* — доктор экон. наук, канд. геол.-минер. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ. <vsmdir@vsegei.ru>.  
*Дараган-Суцов Юрий Иосифович* — канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга. <ydarag@vniio.nw.ru>.  
*Васильев Михаил Андреевич* — студент, СПбГУ. <mivas07@rambler.ru>.