

СТАТЬИ

УДК 550.834:553.98(268.53)

DOI 10.17513/use.38103

**ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АНАБАРО-ОЛЕНЕКСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ,
ШЕЛЬФОВ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ****Оболкин А.П., Слепцова М.И.***ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» Институт проблем нефти и газа СО РАН,
Якутск, e-mail: msleptsova@mail.ru*

Изучены материалы отчетов и публикаций по сейсмогеологической характеристике Анабаро-Оленекской структурной зоны, шельфов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Выполненная работа направлена на уточнение, детализацию и повышение достоверности дальнейших исследований, предварительно актуализированных в процессе научного изучения материалов геологоразведочных работ прошлых лет. Рассмотрены геологические факторы, влияющие на распределение средних и интервальных скоростей сейсмических отражающих волн осадочного чехла. Для всей территории исследователями установлено увеличение пластовых и средних скоростей в осадочном чехле по мере увеличения его мощности. Такая зависимость обычна для континентальной части платформы. В шельфовых отложениях северных морей Якутии скоростная зависимость определяется тектоническими и магматическими факторами, которые становятся определяющими для хребта Гаккеля, Гипербореи и Новосибирско-Чукотской структурной зоны. В западной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры соответствует поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста. На остальной территории, в волновом сейсмическом поле, фундаментом является асинхронная акустическая граница поверхности метаморфизованных и дислоцированных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. Наблюдаемая сложная волновая картина и различные варианты привязки сейсмических отражающих горизонтов, на взгляд авторов, в большей мере обусловлены структурно-тектоническими особенностями эволюции и взаимодействия Сибирской платформы, Гипербореи, Верхояно-Колымской складчатой области, Арктического плюма, Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны.

Ключевые слова: углеводороды, Анабаро-Оленекская структурная зона, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, скорости сейсмических волн, акустический фундамент

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № 122011100158-1 с использованием научного оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН в рамках гранта № 13.ЦКП.21.0016.

**FEATURES OF THE SEISMOGEOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE ANABAR-OLENEK STRUCTURAL ZONE, THE SHELVES
OF THE LAPTEV SEA AND THE EAST SIBERIAN SEA****Obolkin A.P., Sleptsova M.I.***The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Institute of Oil and Gas Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, e-mail: msleptsova@mail.ru*

The materials of reports and publications on the seismogeological characteristics of the Anabar-Olenek structural zone, the shelves of the Laptev Sea and the East Siberian Sea have been studied. The work performed is aimed at clarifying, detailing and increasing the reliability of further research, previously updated in the process of scientific study of geological exploration materials of past years. The geological factors affecting the distribution of average and interval velocities of seismic reflection waves in the sedimentary cover are considered. For the entire territory, researchers have established an increase in reservoir and average velocities in the sedimentary cover as its thickness increases. This dependence is typical for the continental part of the platform. In the shelf deposits of the northern seas of Yakutia, the velocity dependence is determined by tectonic and magmatic factors, which become decisive for the Gakkel Ridge, Hyperborea, and the Novosibirsk-Chukotka structural zone. In the western part of the Laptev Sea, the surface of the consolidated crust corresponds to the surface of the Archean-Lower Proterozoic crystalline basement. In the rest of the territory, in the wave seismic field, the foundation is the asynchronous acoustic boundary of the surface of metamorphosed and dislocated strata with an age interval from the Riphean to the Paleogene. The observed complex wave pattern and various options for seismic reflector binding, in the opinion of the authors, are largely due to the structural and tectonic features of the evolution and interaction of the Siberian platform, Hyperborea, the Verkhoyansk-Kolyma folded region, the Arctic plume, the Novosibirsk-Chukotka structural-tectonic zone.

Keywords: hydrocarbons, Anabar-Olenek structural zone, Laptev Sea, East Siberian Sea, seismic wave velocities, acoustic basement

The work was carried out with financial support within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 122011100158-1 using the scientific equipment of the Center for Shared Use of the Federal Research Center «The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» within the framework of grant No. 13.TsKP.21.0016.

В Северо-Восточной части Республики Саха (Якутия) перспективными на углеводородное сырье являются шельфы моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, а также крупная межгорная Индигиро-Зырянская впадина и приморские впадины в приустьевых частях рек Индигирки, Колымы и Яны. Перспективные территории в пределах Северо-Востока РС(Я) оцениваются как потенциально нефтегазоносные с достаточно высоким прогнозным углеводородным потенциалом [1].

Сейсморазведочная изученность исследуемых континентальных и шельфовых территорий Якутии относительно западных областей Восточной Сибири невысока. На южном побережье моря Лаптевых в пределах Анабаро-Оленекской структурной зоны (АОСЗ), на побережье Восточно-Сибирского моря сейсмические работы в разные годы проводились трестом «Якутскгеофизика» и ПГО «Ленанефтегазгеология». В районе Хатангского залива работы проводились ПГО «Енисейгеофизика» и трестом «Красноярскнефтегазразведка». В 1981–1988 гг. в восточной части АОСЗ были проведены поисково-рекогносцировочные работы МОГТ. В последующем в этом регионе выполнен ряд работ по уточнению привязки отражающих горизонтов (ОГ) к разрезам пробуренных скважин. Плановое изучение акватории моря Лаптевых сейсморазведкой МОВ ОГТ началось в середине 1980-х гг. МАГЭ, ПГО «Севморгеология» (1984–1988; 1990), трестом «Севморнефтегеофизика» (СМНГ) (1989), ЛАРГЕ [2, 3]. В 1993–1994 гг. и в 1997 г. на шельфе моря Лаптевых и частично Восточно-Сибирского моря Федеральным институтом геологии и природных ресурсов Германии (BGR) совместно с трестом СМНГ было отработано 11800 пог. км профилей МОВ ОГТ. Они показали на сложное строение осадочного чехла шельфа и разные взгляды на результаты геологической интерпретации полученных геофизических данных. Вопросы геологического строения рассматриваемых территорий подробно освещены в работах российских ученых [4–6]. Существуют разные варианты геологической интерпретации сейсмического волнового поля (СВП) прибрежных районов и шельфов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В данной работе рассмотрены геологические факторы, влияющие на распределение средних и интервальных скоростей СВП и проявление акустического фундамента в названных районах. Исследование направлено на уточнение, детализацию и по-

вышение достоверности дальнейших исследований, предварительно актуализированных в процессе научного изучения материалов геологоразведочных работ прошлых лет. Целью исследования является обзор и анализ сейсмогеологических характеристик исследуемых территорий с целью дальнейшей разработки оптимальной геологической основы для рационального размещения работ на нефть и газ в слабоизученных прибрежных районах и на шельфах прилегающих арктических морей.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются прибрежные территории Якутии: Анабаро-Оленекская структурная зона и шельфы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Материалами исследований послужили результаты сейсмических работ, проведенных в разные годы в пределах континентальной части прибрежной зоны в Анабаро-Оленекской структурной зоне, где пробурен ряд параметрических скважин, и результаты исследований шельфов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Методология исследования основана на обобщении и анализе имеющихся данных сейсморазведочных исследований: интервальных и средних скоростей СВП; особенностей распространения сейсмических отраженных волн, их индексации и геологической интерпретации.

Результаты исследования и их обсуждение

Анабаро-Оленекская структурная зона. По данным глубинного сейсмозондирования (ГСЗ) подошва консолидированного чехла – раздел Мохо, в пределах АОСЗ прослежена на глубинах 30–40 км. Наблюдается сокращение толщины чехла к северу, по мере приближения к Северному Ледовитому океану (СЛО). По кровле кристаллического фундамента в ряде районов спорадически выделяется ОГ Ф (F, R, R_{00}) в виде двухфазного, средне- и низкочастотного колебания. Пластовые скорости образований фундамента АОСЗ лежат в пределах 4700–7000 м/с. Наиболее высокие скорости характерны для кристаллических сланцев, низкие – для гранитов [7]. Рифейские комплексы АОСЗ изучены по сейсмическим данным и отдельными скважинами. На дневную поверхность они выходят на Сололийском поднятии Оленекского свода. Они выполняют прогибы и впадины в основании АОСЗ.

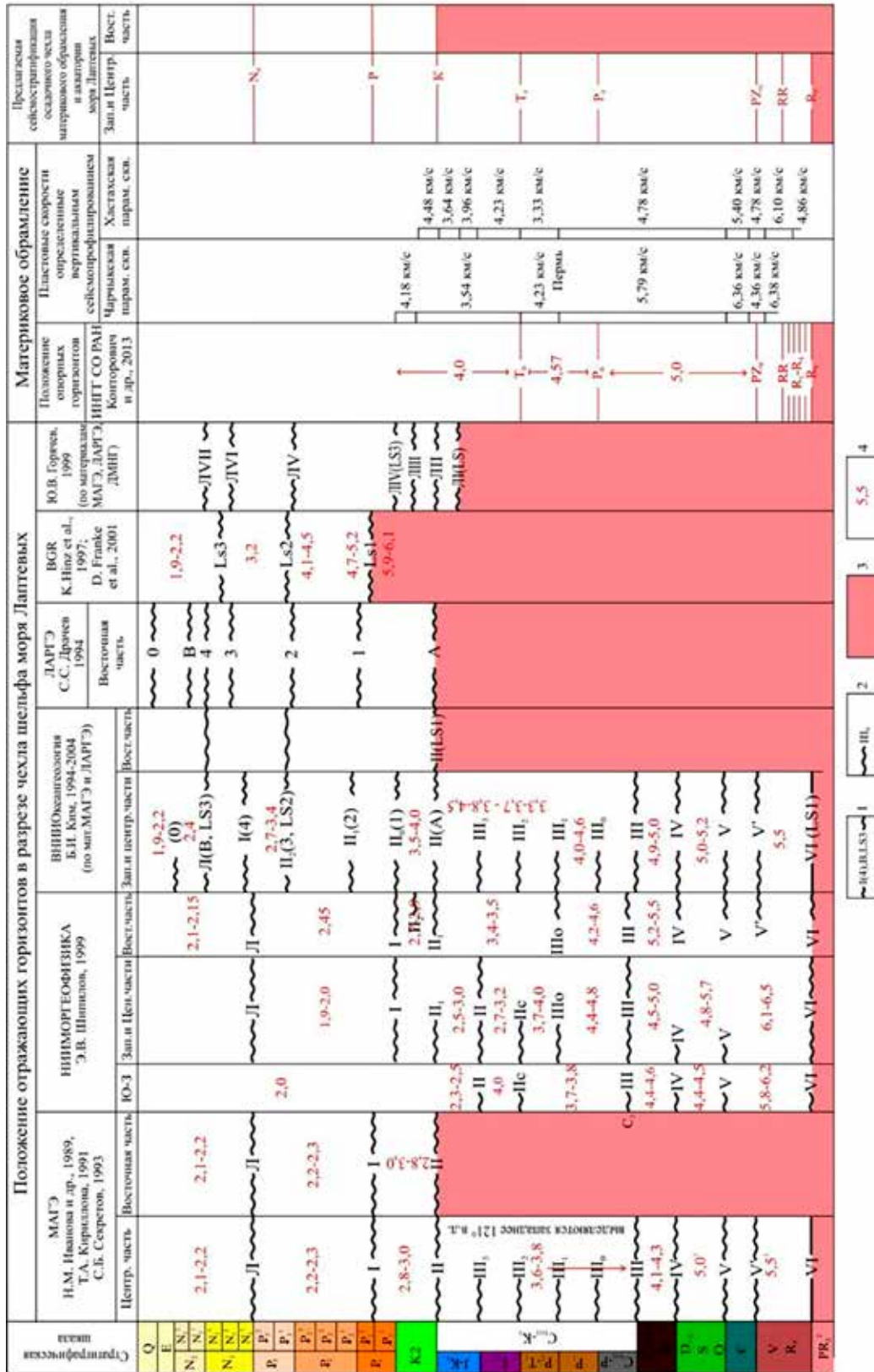


Рис. 1. Стратификация отражающих горизонтов в осадочном чехле шельфа моря Лаптевых и материкового обрамления: 1 – отражающие горизонты и их индексы (в скобках указаны индексы горизонтов на профилях ЛАРГЕ и ВГР); 2 – отражающие горизонты, локально распространённые; 3 – фундамент, 4 – пластовые скорости

Мощность рифейских образований в погруженных частях прогибов и впадин достигает нескольких километров [8]. В СВП выделен ряд ОГ, характеризующих нижне-, средне- и верхнерифейские отложения (R_1, R_2, R_3). Свиты, вскрытые скважинами и (или) выходящие на дневную поверхность, получили индексацию (Бурская скв. 3410 – $RF_3 tk$ тукуланская, $RF_3 kl$ куландинская, $RF_3 hst$ хастахская, $RF_3 tml$ таймыльская). Пластовые скорости образований рифея на большей части территории находятся в пределах 5000–6000 м/с (рис. 1) [7]. Наиболее низкие скорости связаны с терригенными, а высокие – с карбонатными разностями. Отмечается увеличение пластовых скоростей в зонах проявлений метаморфизма в наиболее погруженных частях прогибов и впадин, где они достигают 6000–7000 м/с, становясь одинаковыми с подстилающими образованиями фундамента. Карбонатно-галогеенные и терригенные образования венд-кембрия прослежены по данным бурения и сейсморазведки по большей части рассматриваемой территории, за исключением ряда поднятий и выступов в ее южной части, где они ограничены среднепалеозойской эрозионной поверхностью. Пластовые скорости этой толщи определяются ее литологическим составом, терригенные, глинистые и галогеенные отложения являются наиболее низкоскоростными, до 4500 м/с, в карбонатных отложениях

они могут достигать 6500 м/с. Пластовые скорости девонских карбонатно-галогеенных пород близки венд-кембрийским. Вышележащие отложения карбона, перми сформировались в прибрежно-морских условиях, сложены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, мергелями и карбонатами. Пластовые скорости по данным бурения варьируют в пределах 3500–4500 м/с (рис. 1). В западной части площади осадочный разрез насыщен интрузиями траппов раннетриасового возраста. Пластовые тела траппов в СВП отчетливо выделяются в карбонатной части разреза ввиду их низких пластовых скоростей, (3000 м/с). Вышележащие отложения триаса сложены интрузиями траппов и туфогенно-осадочными образованиями. Отраженные волны от подошвы и кровли триаса прослежены по всей территории, образуя в СВП опорные сейсмические горизонты ТП (пермь-триас) и ЮТ (триас-юра). Породы юры и нижнего мела сложены континентальными и прибрежно-морскими литофациями, мощность которых (до 3000 м) возрастает к северу. Характеризуется пластовыми скоростями до 2500–4000 м/с. В отложениях юры выявлены различные проявления магматизма с большим разнообразием состава и формы слагающих тел. ОГ Ю1–Ю3, К1, привязанные к подошвам названных интервалов, в целом проявляются невыразительными отраженными волнами.

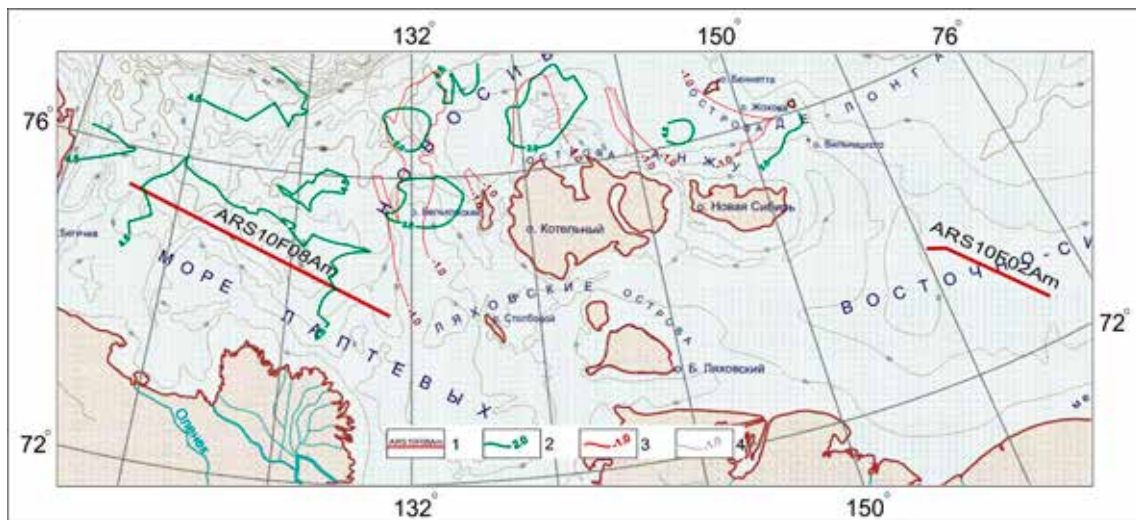


Рис. 2. Фрагмент из схем геофизической изученности Восточно-Арктического региона с изменениями [10]: 1 – прилагаемые разрезы ARS10 (рис. 2–4); 2 – средние сейсмические скорости до поверхности акустического фундамента Φ_a – 2,0 и <, 4,5 и >, изотаха, км/с (фрагменты из карты средних скоростей до поверхности акустического фундамента на Лаптевоморском шельфе); 3 – минимальные абсолютные значения отражающего горизонта Φ_a , км (фрагменты из структурной карты поверхности акустического фундамента осадочных бассейнов Чукотского и Восточно-Сибирского морей); 4 – изобата, м

Шельф моря Лаптевых разделяется на два сектора – Западный и Восточный. Кровля консолидированной коры на шельфе моря Лаптевых маркируется ОГ IV, R₀ (рис. 1–3) [9, 10].

Ее прослеживание у ряда авторов довольно условно, ввиду сложного строения нижней части разреза. Нижнюю часть консолидированной коры в СЛО, по мнению ряда исследователей, характеризует ОГ М. Эта граница связывается с разделом Мохо. В отличие от континентальной части, в ряде районов СЛО на временных разрезах, позднее ОВ (отражающая волна) М, присутствуют невыдержанные рефлекторы различной направленности. Эта часть коры характеризуется интервальными скоростями 7,0–7,6 км/с. ОГ М прослежен на глубинах от 23 до 31 км (6,5–9 с и более), ОГ К выделен на более ранних временах, чем ОГ М. Предполагается, что он отражает появление в СВП поверхности Конрада. Среди ряда ОВ наиболее устойчивыми и повсеместно прослеженными, помимо Фа, являются: LS2 – граница эоцена и олигоцена и LS3 – в верхнемиоценовом интервале разреза. В Лаптевоморском бассейне выделен промежуточный структурный интервал, в который входят слабдеформированные интервалы, не входящие в дислоцированные толщи ниже подошвы верхнего мела. Отдельные исследователи считают, что в нее входит интервал разреза между нижнекарбонным и нижнемеловым комплексами осадочного чехла как континентального, так и шельфового сегментов рассматриваемой территории.

Шельф Восточно-Сибирского моря (ВСМ) (рис. 1, 2, 4). Мощность верхней коры Восточно-Сибирского моря составляет от 2,5 км на шельфе до 13 км на хребте Ломоносова с интервальными скоростями 6,1–6,5 км/с. Мощность нижней коры оценена от 12 км на шельфе до 2–8 км на хребте Ломоносова со скоростями 6,8–6,9 км/с.

Установлен подъем поверхности М в северном направлении от 35–38 км на юге до 26–36 км на севере шельфа. Строение шельфа ВСМ отображено построениями по поверхностям несогласий, разделяющих сейсмические комплексы, имеющие различную индексацию у разных авторов: ОГ А, LS 1–3,6; ESS1–2, ESS2base, ESS3–ESS6; ARS1–6 и др. (рис. 1–4). Промежуточный слой на северном склоне шельфа охватывает возрастной интервал от среднего девона в восточной части до ранней юры в западной части ВСМ, вздымаясь с севера на юг до образований миоцена (рис. 3, 4).

Часть разреза ниже кристаллического фундамента изучена по ОГ М, F, VIII, VII. ОГ верхней части разреза на востоке ВСМ имеют привязку к морским скважинам на шельфе Аляски. Здесь применены индексы ОГ ДМНГ и ARS, привязанные к поверхностям несогласий [10]. Вместе с тем прослеживание ряда ОГ в зонах субсогласного залегания в бассейнах и размывов на склонах поднятий, где возможно отсутствие признаков несогласий, допускает различные варианты корреляции ОГ. Особенностью южной части шельфа ВСМ является существование мощной дислоцированной толщи между подошвой консолидированной коры ОГ М и А, Фа (рис. 2–4). Эта толща входит в Новосибирско-Чукотскую структурно-тектоническую зону (НЧСТЗ), сформированную в несколько этапов, начиная с девона. Толщина коры оценена в 20–35 км, из которых на осадочный чехол приходится 11–12 км. Дислоцированная часть осадочного чехла не расчленена.

В обрамлении Новосибирских островов в пределах приподнятых тектонических блоков Котельничского поднятия установлены минимальные глубины залегания отражающего горизонта Фа от – 2 до –1 км (рис. 2). Верхний слой консолидированной коры характеризуется интервальными скоростями сейсмических волн 6,6–7,2 км/с. Средние скорости до акустического фундамента меняются от 1,7 км/с к северу от Новосибирских островов до 5,25 км/с в западной части моря Лаптевых (рис. 2).

В структурно-тектонической зоне Гаккеля, образованного Арктическим плюмом, присутствуют вулканы формирующегося океанического ложа, образующие двухслойную толщу. Возраст этих образований оценен от третичного до миоценового. ОВ Фа в этой зоне может проводиться по кровле нижнего слоя. В разрезе осадочного чехла ВСМ в ряде регионов выявлены сейсмofации вулканогенно-осадочных образований. Возраст этих отложений, по аналогии с выходами вулкаников на дневную поверхность на Новосибирских островах, определен поздним мелом. Пластовые скорости этих образований 2000–3000 м/с.

СВП СЛО разделяется на верхнюю и нижнюю части. Если верхняя часть характеризуется строением типичным для северных морей, объединенных в единый циркумполярный бассейн, то нижняя часть состоит из ряда надпорядковых структур, каждая из которых формировалась в тектоническом режиме, отличном от соседних.

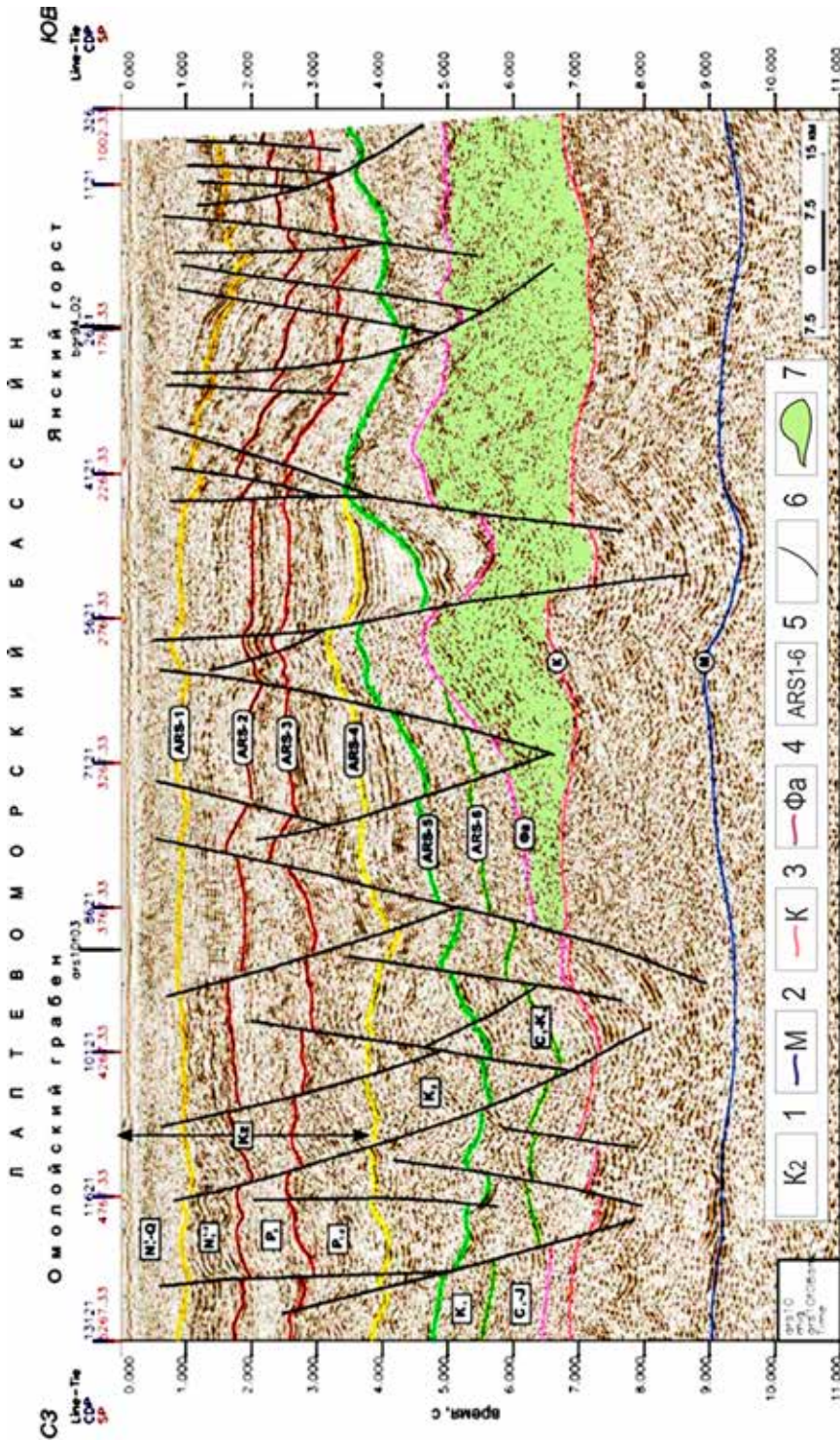


Рис. 3. Волновое поле земной коры моря Лаптевых. Фрагмент временного разреза по профилю ARS10F08Am [10] с дополнениями: 1 – геологические индексы; 2 – граница Мохоровичича; 3 – граница Конрада; 4 – акустический фундамент; 5 – несогласия ARS-5 и ARS-4 разделяют осадочный чехол на карбон-нижнемеловой (?), верхнемеловой и кайнозойский комплексы; С.г. ARS-6 приурочен к кровле карбон-юрского (?) подкомплекса, ARS-3 приурочен к кровле палеоцен-эоценового, ARS-2 – олигоценового, ARS-1 – нижне-среднемиоценового подкомплекса; 6 – тектонические нарушения (1–6 по [10]); 7 – Новосибирско-Чукотская структурно-тектоническая зона

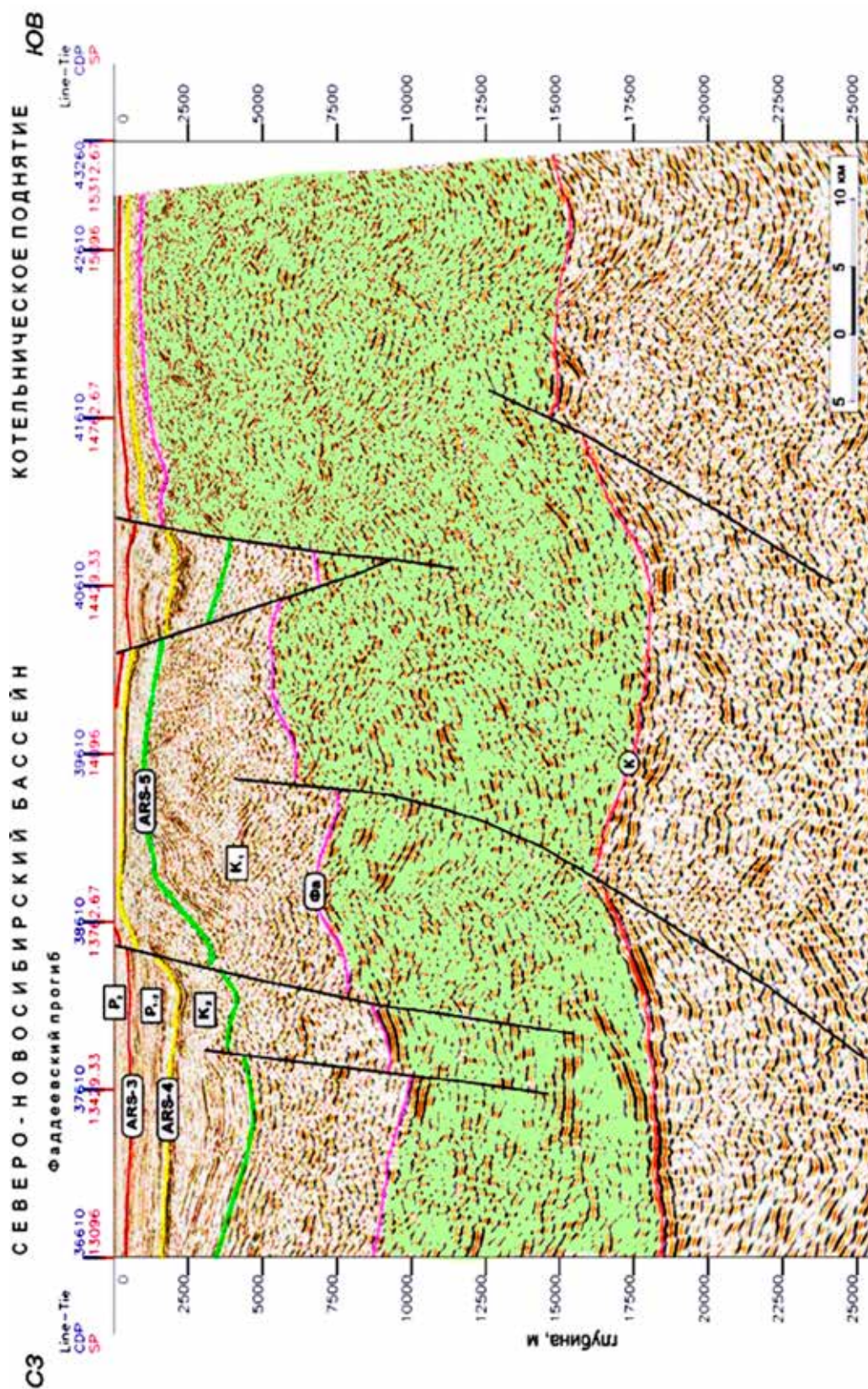


Рис. 4. Глубинный сейсмогеологический разрез Восточно-Сибирского моря по профилю ARS10F02At [10] с дополнениями (условные обозначения на рис. 3)

Отсутствие глубокого морского бурения в российском сегменте СЛО и особенности структурно-тектонического строения переходной зоны континент – океан привели к различным взглядам на стратификацию одних и тех же сейсмических ОГ нижней части разреза и, как следствие, на историю геологического развития. По результатам работ ряда научных организаций опубликованы обобщающие исследования с целью выработки единой привязки сейсмических отраженных волн, выявленных в ходе производственных работ на шельфе и побережье. Однако единого мнения до настоящего времени не выработано. Как показано в ранних исследованиях института по этой тематике, А.Ф. Сафроновым был показан вариант близкий привязке ОГ, предложенный Б.И. Кимом (рис. 1) [11, 12].

Начиная с первых исследований на шельфе, было установлено, что в ряде районов в зонах высокой дислоцированности и проявлений метаморфизма нижней части разреза, ОВ от поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста не формируется. Именно этим можно объяснить, что в восточной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры проводится по ОГ LS1, П соответствующего подошве верхнего мела (рис. 1). Для устранения возникшего противоречия эта сейсмическая отраженная волна (СОВ) получила обозначение – А, Фа – акустический фундамент. При этом если ОВ IV, R0 соответствуют поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста, то А, Фа являются асинхронной отражающей границей раздела дислоцированных, метаморфизованных и неметаморфизованных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. В качестве иллюстрации к сказанному рассмотрим с дополнением авторского варианта интерпретации, временной и сейсмогеологической разрезы по профилям ARS10F08Am, ARS10F02Am, отработанным в акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (рис. 3, 4) [10].

ОГ К фиксируется позднее ОГ Фа на 2 с или глубже его на 5–8 км (рис. 3, 4). Как видно на рис. 3, ОГ сейсмофагия между К и Фа (выделена цветом) отражает в СВП дислоцированную толщу, залегающую несогласно по отношению к вышележащей и нижележащей толщам. Считаем, что она соответствует западному замыканию Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны. В полном объеме эта толща отра-

жается на сейсмоглубинном разрезе в центральной части ВСМ. Как видно на рис. 4, ее мощность составляет 15 км. Детачментом этой надвиговой структурно-тектонической зоны толщи является ОГ К (рис. 3, 4). ОГ М фиксируется в нижней части разреза на времени 9 с (рис. 3). Сейсмофагия между ОГ М и К сложена фрагментами ОВ, интерпретируемыми нами как дислоцированные блоки осадочного чехла. Эта толща вовлечена, как и вышележащие отложения, в доплиоценовый тектогенез. ОГ М, возможно, отражает поверхность магматических пород, слагающих Арктический плюм (рис. 3).

Изучение материалов по теме продолжается, готовятся публикации по результатам изучения геологической природы названных сейсмокомплексов осадочного чехла.

Заключение

Проведенный анализ особенностей распространения средних и интервальных скоростей и особенности формирования ОГ осадочного чехла северных морей взят за основу для построения сейсмогеологических моделей северных территорий. Для всей территории исследователями установлено увеличение пластовых и средних скоростей в осадочном чехле по мере увеличения его мощности. Такая зависимость обычна для континентальной части платформ.

В шельфовых отложениях северных морей Якутии скоростная зависимость определяется тектоническими и магматическими факторами, которые становятся определяющими для хребта Гаккеля, Гипербореи и Новосибирско-Чукотской структурной зоны. В западной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры соответствует поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста. На остальной территории, в СВП, фундаментом является асинхронная акустическая граница поверхности метаморфизованных и дислоцированных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. Наблюдаемая сложная волновая картина и различные варианты привязки сейсмических ОГ, на взгляд авторов, в большей мере обусловлены структурно-тектоническими особенностями эволюции и взаимодействия Сибирской платформы, Гипербореи, Верхояно-Колымской складчатой области, Арктического плюма, Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны. В СВП названные структуры характеризуются собственным набором

ОГ кроме верхней плиоцен-четвертичной толщи, имеющей циркумполярное распространение. Исходя из изложенного, представляется, что для оценки углеводородного потенциала осадочного чехла можно использовать данные по акустическому фундаменту Фа в зоне его распространения, в остальных случаях – по ОГ IV, R₀.

Наработки по теме применены авторами при сейсмостратиграфическом анализе структур Тастахской впадины и Андриановского поднятия [13, 14].

Список литературы

1. Sitnikov V.S., Sleptsova M.I. Oil and Gas Resources of the Republic of Sakha (Yakutia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 Vol. 459, Chap. 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/459/5/052005/pdf> (дата обращения: 10.08.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052005.
2. Казанин Г.Е., Поселов В.А., Заяц И.В., Иванов Г.И., Макаров Е.С., Васильев А.С., Смирнов О.Е. Комплексные геофизические исследования в районе центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 25–30.
3. Кириллова-Покровская Т.А. Разработка актуализированной геологической модели моря Лаптевых и сопредельных глубоководных зон для уточнения оценки его углеводородного потенциала // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 30–38.
4. Drachev S.S., Shkarubo S.I. Tectonics of the Laptev Shelf, Siberian Arctic // GSA Spec. Publ. 2017. Vol. 460, Is. 1. P. 263–283. DOI: 10.1144/SP460.15.
5. Конторович В.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В. Геологическое строение и сейсмогеологическая характеристика континентальной окраины Сибирской платформы и шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15, № 4. С. 1–8.
6. Верниковский В.А., Добрецов Н.Л. Геодинамическая эволюция Северного Ледовитого океана и современные проблемы в геологических исследованиях Арктики // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 5–6. С. 412–419.
7. Сметанникова Л.И., Гриненко В.С., Маланин Ю.А., Прокопьев А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Виллойская. Лист R-51 – Джарджан. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 397 с.
8. Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин И.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротерозойско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 1253–1274.
9. Заварзина Г.А., Шкарубо С.И. Тектоника западной части шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/39_2012.pdf (дата обращения: 10.08.2023).
10. Петровская Н.А., Савишкина М.А. Сопоставление сейсмокомплексов и основных несогласий в осадочном чехле шельфа Восточной Арктики // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/39_2014.pdf (дата обращения: 10.08.2023).
11. Сафронов А.Ф. Нефтегазоносность востока Сибирской платформы: историко-генетический анализ, размещение месторождений нефти и газа // Наука и образование. 2014. № 3 (75). С. 63–65.
12. Сафронов А.Ф. История геологического развития шельфа Восточно-Сибирского моря // Наука и образование. 2017. № 1. С. 7–12.
13. Оболкин А.П., Ситников В.С., Слепцова М.И., Севостьянова Р.Ф. Изучение возможного проявления в сейсмическом волновом поле Южно-Аннуйской сутуры в основании Тастахского прогиба северо-востока Якутии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы. 2022. № 1. С. 57–62. DOI: 10.20403/2078-0575-2022-1-57-62.
14. Оболкин А.П., Ситников В.С., Севостьянова Р.Ф., Слепцова М.И. Изучение Андриановского поднятия на шельфе Северо-Востока методами сейсмостратиграфического и структурного анализов // Геология и нефтегазовый потенциал Республики Саха (Якутия): проблемы разведки и освоения [Электронный ресурс]: сборник тезисов Всероссийской научной конференции (Якутск, 11 августа 2022 г.). Киров: Издательство МЦИТО, 2022. С. 72–74. DOI: 10.52376/978-5-907623-22-4.