



Научная статья
УДК 622.323

Итоги и перспективы геологического картирования арктического шельфа России

Е.А.ГУСЕВ

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С.Грамберга,
Санкт-Петербург, Россия

Как цитировать эту статью: Гусев Е.А. Итоги и перспективы геологического картирования арктического шельфа России // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 290-298. DOI: 10.31897/PMI.2022.50

Аннотация. Проанализированы результаты создания комплектов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 на арктический континентальный шельф России. Подведены итоги и показаны основные проблемы геологического картирования. Большое значение для расшифровки геологической эволюции имеют результаты геолого-геофизических исследований Северного Ледовитого океана. Арктический шельф по своим размерам – самый широкий в мире, в то же время спрединговый океанический бассейн – один из самых узких и характеризуется аномальными чертами строения. К главным проблемам геологического картирования относятся определение границы осадочный чехол/складчатый фундамент, расшифровка геодинамической эволюции шельфа и сопряженного с ним океана, определение скоростей седиментации и стратиграфического расчленения осадочного чехла ввиду малого количества опорных буровых скважин. Перспективным является доизучение проблемных районов с неясными чертами геологического строения, а также мелкомасштабное картирование в местах промышленного освоения континентального шельфа в Арктике.

Ключевые слова: геологическое строение; государственное геологическое картирование; минерально-сырьевой потенциал; осадочный чехол; континентальный шельф; Арктика

Поступила: 18.04.2022 Принята: 15.06.2022 Онлайн: 26.07.2022 Опубликована: 26.07.2022

Введение. Геологическое картирование по-прежнему является главным методом познания геологического строения территории. Геологическое изучение закрытых современным чехлом и шельфовых пространств связано с особенностями проведения полевых работ и интерпретации полученных материалов. Для таких районов большое значение приобретают дистанционные методы исследования, использование которых с одной стороны, открывает новые возможности, с другой – могут давать лишь приблизительные сведения о геологическом строении. Для континентального шельфа обычно применяются геофизические съемки потенциальных полей и сейсмическое профилирование, которые должны заверяться буровыми скважинами. Арктический шельф России пока слабо изучен буровыми методами, а исследование его восточного сектора сейсмическими методами началось совсем недавно.

С появлением новых геофизических данных, а также развитием новых методов датирования и изучения вещественного состава горных пород и минералов менялись и представления о времени становления тектонических структур и геодинамике Арктики. Потепление климата последних десятилетий позволило провести геолого-геофизические экспедиции в высокосиротных районах Арктики, прежде недоступных для исследований из-за тяжелых паковых льдов.

Программа составления листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (Госгеокарты-1000) территории России завершается в 2025 г. За последние 30 лет составлены листы практически на все арктические шельфовые бассейны России: Баренцевский, Карский, Лаптевский, Восточно-Сибирский и Чукотский.

Работы, результаты которых обсуждаются в статье, проводились в соответствии с действующими инструктивно-методическими документами, регламентирующими проведение геологической



съемки и составление государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 [1]. Полученные по листам геолого-геофизические материалы, выводы и рекомендации авторов карт были обобщены, проанализированы и легли в основу данной статьи.

Обсуждение. Основные итоги. Кроме полистного государственного геологического картографирования арктического шельфа проводились тематические обобщения полученных данных как картографические, так и научные, опубликованные в виде обзорных карт, атласов, сборников статей и монографий [2, 3]. В частности, был подготовлен Атлас геологических карт циркумполярной Арктики [4, 5], включающий геологическую, тектоническую и геофизические карты. Координатором картосоставительских работ выступила Комиссия по геологической карте мира (CGMW) и ее подкомиссии. Совместными усилиями геологов и геофизиков России, Канады, Норвегии, Дании и США были разработаны легенды, на основе которых потом построены карты Атласа.

Особенности геологического строения и тектонической эволюции арктического шельфа определяются геотектоническим положением российского сектора шельфа в Арктике. Евроазиатский континент в арктической части представлен пассивной континентальной окраиной, сопряженной с арктическим океаническим бассейном. Северный Ледовитый океан является самым маленьким из океанических бассейнов и окружен наиболее обширными шельфами. Эти отличительные черты вместе с приполюсным расположением океана могут объяснить уникальность геологического строения его структур.

Всем ходом фанерозойской эволюции Арктического региона определилась ее нынешняя структура, в частности коренное отличие в строении западного и восточного секторов Российской Арктики. Главным процессом, наложившимся на все ранее образованные структуры, является процесс океанообразования. Рифтогенез и последовавший за ним спрединг океанского дна в Евразийском бассейне [6], как и многие процессы, развитые в Арктике, характеризовались специфическими чертами. К началу четвертичного периода определились основные морфоструктуры океана, шельфа и суши. Влияние океанических тектонических и магматических процессов на шельф и сушу проявились с различной степенью в разных районах.

Основным фактором, определившим все многообразие современных ландшафтов и климата арктического шельфа, является тектонический, ведущим неотектоническим процессом – океанообразование. Именно дифференцированные тектонические движения, как вертикальные, так и горизонтальные, приведшие к оформлению контуров океанических котловин и разделяющих их хребтов и поднятий, оказали влияние и на континентальную окраину. Деструкция континентальной коры внешней части континентального шельфа выразилась в образовании грабенообразных и рифтогенных прогибов [7].

История Арктики как ледовитого океанического бассейна началась с момента раскрытия проливов, соединивших некогда изолированный арктический бассейн, воды которого были в значительной мере опреснены [8, 9]. Раскрытие пролива Фрама в раннем миоцене (17,5 млн лет назад) привело к вторжению атлантических вод, примерно в это время начинается активное формирование арктических фаун. С этим же временем многие связывают начало развития паковых льдов в арктическом бассейне.

История раскрытия Берингова пролива реконструируется по миграциям морской фауны из Тихого океана в Атлантический через арктический бассейн. Некоторые гидробиологи признали возможным проникновение моллюсков, диатомей по указанному пути в неогене [10]. Другим свидетельством существования и закрытия Берингова пролива являются данные о расселении млекопитающих и древнего человека в этом регионе [11].

Позднекайнозойские прогибы восточно-арктического шельфа России компенсированы коррелянтными осадками и не выражены в современной морфологии морского дна. Вертикальные неотектонические движения на островной и материковой суше, сопряженной с восточно-арктическим шельфом, выражены неярко. Западно-арктический шельф России затронут неотектоникой в неоген-четвертичное время, в том числе в позднем неоплейстоцене-голоцене [12, 13]. На последних этапах развития арктического шельфа России оформилось главное отличие его западного и восточного секторов, заключающееся в расчлененности рельефа дна Баренцева и Карского морей и выравненности дна мелководных морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского.



Ансамбль тектонических структур российской Арктики, сформированный к четвертичному периоду, моделировался в течение эоплейстоцена – голоцене экзогенными процессами, ведущую роль в которых играли трансгрессии и регрессии арктического бассейна, развитие и деградация наземного и подземного оледенения и другие процессы, сформировавшие современные полярные ландшафты.

Проблемы картирования арктического шельфа и прилегающих океанических структур. Кроме общих региональных особенностей геологического строения арктического шельфа России, выявленных в процессе картирования, есть определенные дискуссионные вопросы, которые еще предстоит решить.

В пределах арктического шельфа России развиты складчатые пояса и области с разным возрастом консолидации, их контуры в современном представлении международного коллектива исследователей с небольшими авторскими изменениями схематично отображены на рис.1.

С развитием сейсмических методов изучения глубинного строения геологи получают новые качественные геофизические данные о структуре верхней части земной коры. Раньше на сейсмических профилях складчатый фундамент выглядел как область с неупорядоченной записью, в которой невозможно было выделить какие-либо структуры. Поэтому картировался так называемый акустический фундамент и залегающий на нем осадочный чехол. Это было главной задачей геологической съемки шельфовых бассейнов Арктики. Структура земной коры ниже поверхности акустического фундамента реконструировалась с помощью сейсмоплотностного моделирования с выделением слоев и блоков коры, глубинных разломов, скоростей прохождения сейсмических волн и т.д.

Новые сейсмические данные МОВ ОГТ, полученные с использованием более мощных источников, со значительной глубинностью и высокой разрешающей способностью, позволяют увидеть структуры ниже поверхности акустического (складчатого) фундамента. Подчас в поле отраженных волн кроме толщ осадочного чехла, видна структура верхней коры – внутреннее строение складчатого фундамента, граница кристаллического фундамента, а иногда и поверхность Мохо [14]. Эти уникальные материалы часто подтверждают прежние представления о строении земной коры под осадочными бассейнами, основанные на старых геофизических данных, иногда приходится вносить коррективы в модели строения тех или иных бассейнов.

Геологические разрезы, построенные по новым сейсмическим профилям, позволяют по-новому оценить перспективы нефтегазоносности шельфовых бассейнов Арктики и материкового обрамления. Более четкие сведения о распределении мощностей осадочных комплексов и их предполагаемом литологическом составе, распространении тектонических нарушений и других особенностях строения привели к новым экспертным оценкам нефтегазоносности арктического шельфа. Вместе с тем, следует указать на опасность прямой интерпретации сейсмических материалов МОВ ОГТ без учета вещественного состава комплексов, выходящих на поверхность или вскрытых скважинами на близлежащей островной и материковой суше. Так, многими авторами толщи пород складчатого фундамента, которые на новых сейсмических данных хорошо видны в виде слабослоистой среды, также оцениваются как перспективные в нефтегазоносном отношении.

На Западном Таймыре выделена Южно-Таймырская перспективная нефтегазоносная область [15], где к метаосадочному чехлу отнесены следующие комплексы: венд-палеозойский, верхне-permско-нижнетриасовый, и мезо-кайнозойский. В поле отраженных волн на современных высококачественных сейсмических профилях МОВ ОГТ действительно прослеживаются отражающие горизонты и их серии, формирующие складчатую структуру [16]. По всей видимости, это бывшие осадочные породы (аргиллиты, песчаники, алевролиты), подвергшиеся складчатости, нарушенные разломами и пронизанные дайками и силами пород основного состава. Автору доводилось наблюдать обнажения этих пород (рис.2), смятых в складки, кливажированных, разбитых разломами, трещинами, несущими гидротермальную минерализацию. Если эти породы когда-то и могли быть нефтематеринскими и являться флюидоупорами, то в настоящем виде они представляют собой проницаемую среду; недра Западного Таймыра в областях развития домезозойских пород тектонически раскрыты, и вряд ли стоит ожидать каких-то особых перспектив нефтегазоносности от таких районов. Более правильным будет определение таких площадей как бесперспективных или малоперспективных [17].

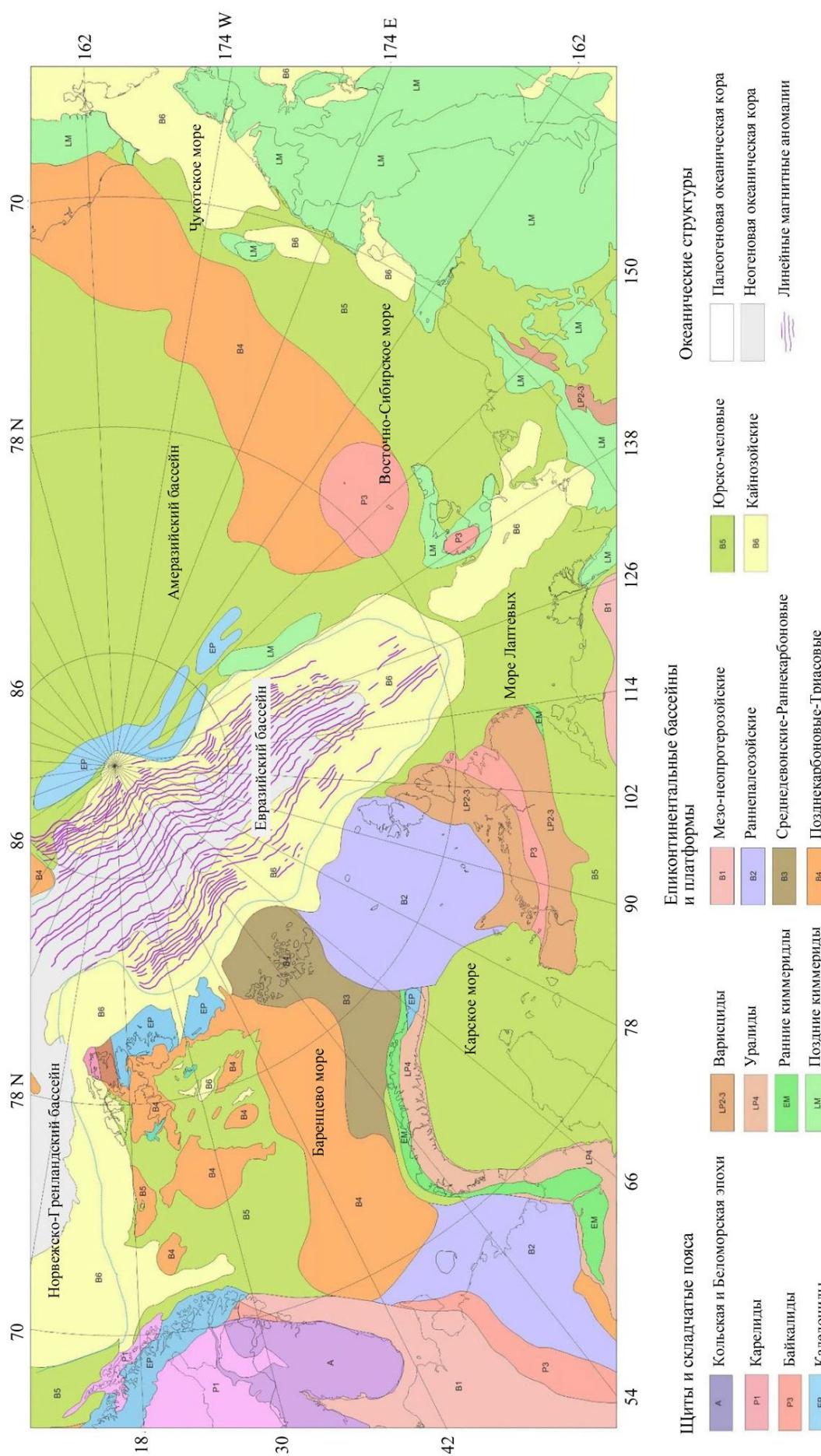


Рис.1. Схематическая тектоническая карта Арктического региона, по [4], с изменениями



Похожая неопределенность существует в структурном определении палеозойских пород прилегающего к восточно-арктическому шельфу России поднятия Менделеева. По всей видимости, поднятие Менделеева в доокеанический этап представляло собой область с платформенным строением. Возраст складчатого основания древней платформы, возможно, был карельским или байкальским, а может, и более молодым – каледонским [18]. Образцы палеозойских пород отобраны в экспедициях «Арктика-2012» и «Арктика-2014». Органические остатки, отобранные на поднятии Менделеева, подтверждают присутствие верхнесилурийских (?)–пермских карбонатных отложений в составе платформенного чехла. По литологическому составу, структурно-текстурным признакам и содержащимся органическим остаткам реконструируются как мелководные, так и глубоководные фации [19].

Платформенный чехол поднятия Менделеева подвергся деструкции в несколько этапов. Трудно судить о характере деформаций, если эти образования находятся в акустическом фундаменте, а в выступах на морском дне в основном обнажаются магматические породы. Относительно низкие сейсмические скорости, слабая измененность палеозойских горных пород, отсутствие метаморфизма, свидетельств процессов катаклаза, кливажирования и других признаков полной складчатости приводят к выводу о незначительной степени складчатых процессов, затронувших платформенный чехол.

Так или иначе, породы платформенного чехла не видны в поле отраженных волн на профилях МОВ ОГТ как слоистые образования, поэтому при расшифровке тектонической структуры и оценке перспектив нефтегазоносности приходится говорить о нарушенном состоянии домеловых комплексов. Также значительно повлияло широкое развитие магматизма, выразившееся в региональном

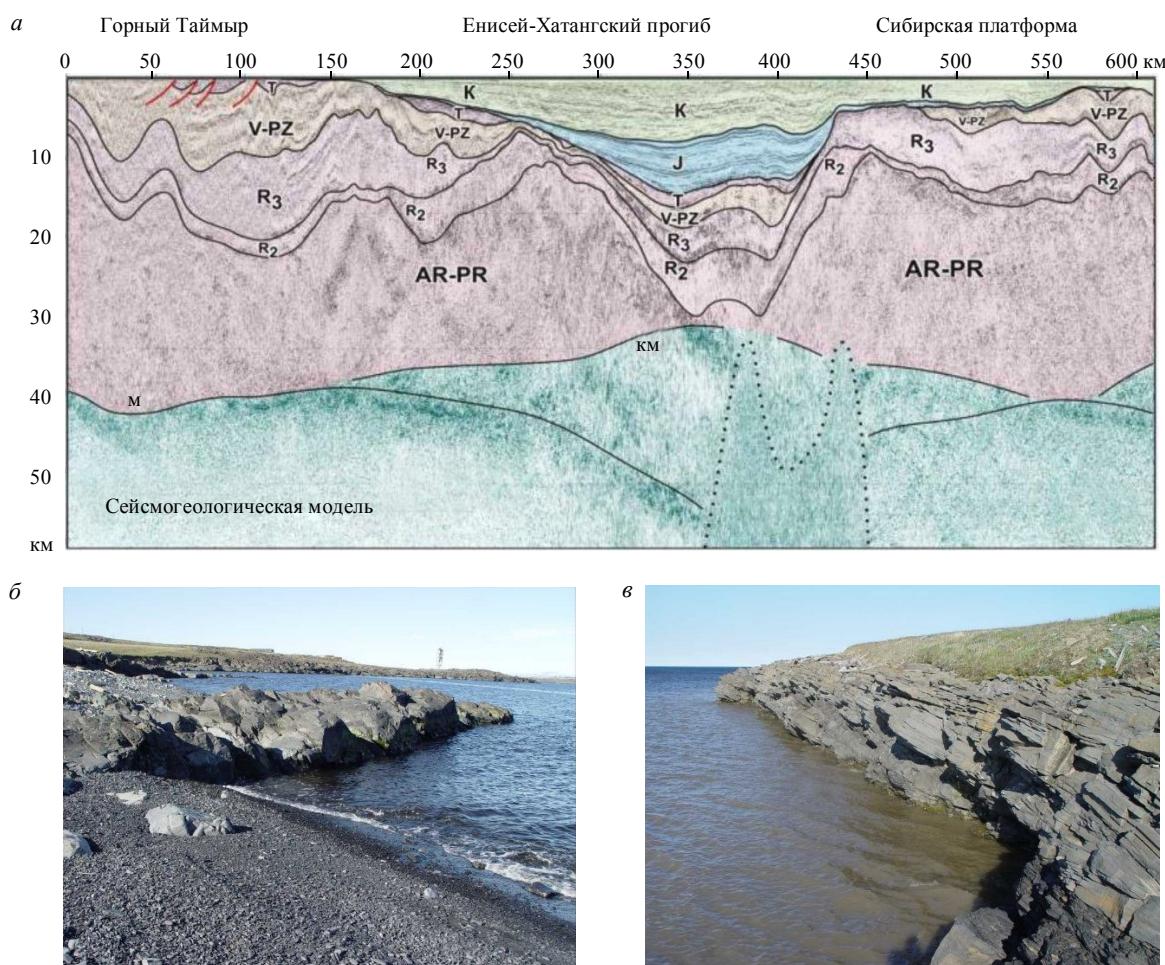


Рис.2. Пример сейсмической записи (а) в пределах Енисей-Хатангского прогиба в центре профиля, горного Таймыра – в левой части профиля по [20], обнажение пород ефремовской свиты (ранняя пермь) в окрестностях Диксона (б), обнажение пород убойнинской свиты (ранняя пермь) у мыса Макаревича, Западный Таймыр (в)



распространении на поднятии Менделеева вулканических, осадочно-вулканогенных и интрузивных комплексов преимущественно основного состава [21]. Излившиеся базальтовые покровы частично скрыли разбитый блоковыми движениями фундамент и чехол древней платформы. На профилях МОВ ОГТ базальтовые покровы явились экраном, не пропускающим, рассеивающим или частично пропускающим сейсмические волны ниже поверхности акустического фундамента. В результате в сейсмической записи среди хаотической картины акустического фундамента местами имеются упорядоченные рефлекторы, свидетельствующие о расслоенности, близкой к осадочной слоистости.

Большая часть разломов, наблюдающихся на поднятии Менделеева, представлена крутопадающими сбросами, хорошо выраженным в сейсмической записи и нередко в батиметрии в виде уступов рельефа дна. Возможно, имела место многостадийность тектонических процессов в этом регионе. Амплитуды сбросов достигают 300-500 м. В гребневой части поднятия Менделеева у этих разломов предполагается левосдвиговая компонента [22, 23].

Сопряженные с Евразийской континентальной окраиной океанические структуры характеризуются аномальными чертами строения. Это касается, в частности, Евразийского бассейна, где в котловинах Амундсена и Нансена распространены кайнозойские линейные магнитные аномалии, в то время как возраст нижних горизонтов осадочного чехла на большей части площади оценивается как нижне-верхнемеловой, или даже юрский (у Восточного Таймыра) [24]. В пределах периокеанических прогибов прослеживаются порой и более древние комплексы [25, 26] вплоть до палеозойских [27].

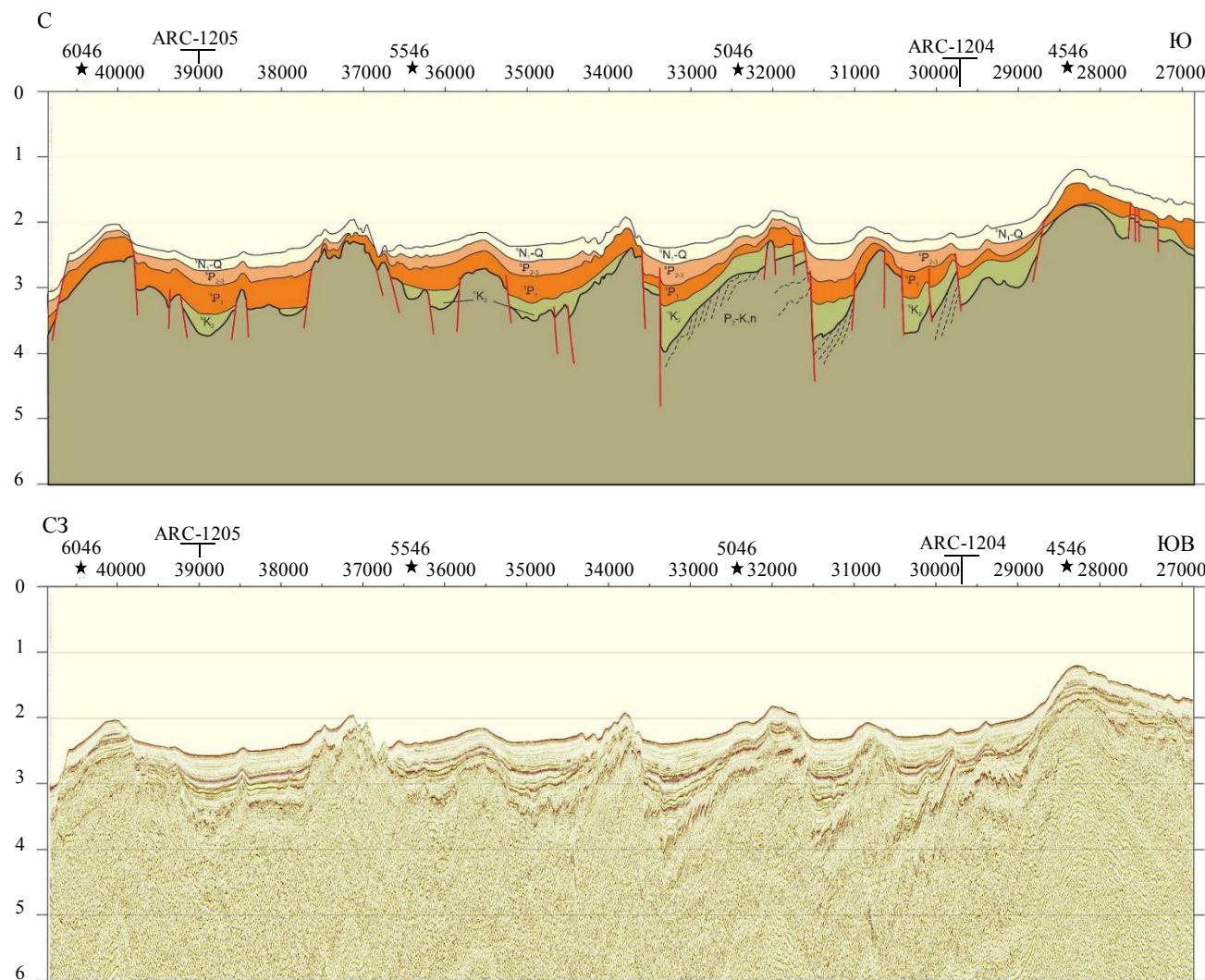


Рис.3. Фрагмент сейсмического профиля МОВ ОГТ, пересекающего гребневую зону поднятия Менделеева. В пределах складчатого фундамента видны пунктирные отражающие горизонты



Сложную историю развития имеет и срединно-океанический хребет Гаккеля в Евразийском бассейне. В отличие от других хребтов мирового океана, он не содержит трансформных разломов. Вблизи центриклинального замыкания Евразийского бассейна хребет заканчивается глубокой вулкано-тектонической впадиной глубиной свыше 5 000 м [28]. Далее, в пределах континентальной окраины, прослеживается сейсмоактивная зона, проявляющаяся в виде грабенообразной структуры континентального склона и подножия. Рифтовая зона хребта характеризуется наличием блоков с аномально высокими мощностями осадочного чехла, покрывающего океанический фундамент [29]. Это приводит к выводу о пульсационном характере растяжения, спрединг происходит не непрерывно по всей рифтовой зоне, а локализуется на некоторых участках.

По-прежнему нет согласованной стратиграфической модели строения осадочного чехла арктического шельфа и примыкающих океанических структур. Это определяется, в основном, отсутствием буровых скважин на восточно-арктическом шельфе России, а также в глубоководной части Арктики. Существуют разные мнения на возраст осадочного чехла в седиментационных бассейнах морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Разнотечения имеются в строении самой верхней части осадков как на шельфе, так и в океанической области. Отсюда и разные оценки скоростей осадконакопления в пределах Арктики в целом. В глубоководной части, на поднятиях и хребтах Северного Ледовитого океана определяются скорости седиментации от миллиметров [30] до нескольких сантиметров в тысячу лет [31]. Для разрешения этой проблемы требуются не только микропалеонтологические, палеомагнитные, радиоуглеродные методы стратиграфического датирования осадков, но и уран-ториевые и хемостратиграфические [32, 33], которые свидетельствуют о медленных скоростях седиментации в глубоководной части Арктики.

Определенные сложности возникают иногда с интерпретацией результатов сейсмоакустических исследований, особенно в мелководных зонах, районах развития вечной мерзлоты и местах просачиваний газовых флюидов к поверхности морского дна [34]. Такие места, сложные для получения взятых геолого-геофизических данных, следует изучать комплексно, с привлечением разных видов сеймических и сейсмоакустических исследований.

При несопоставимости различных геофизических данных для создания модели геологического строения шельфовых бассейнов Арктики применяется зонально-блоковая модель земной коры и используются обобщенные модели геодинамических обстановок [35].

Перспективы. В 2025 г. заканчиваются работы по программе государственного геологического картирования территории Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1:1 000 000. Дальнейшие перспективы геологического картирования Арктики касаются, прежде всего, недоизученных участков арктического шельфа, а также евроазиатской континентальной окраины в районах архипелагов Северная Земля, Земля Франца-Иосифа. Необходимо исследовать подробнее восточно-арктический шельф геофизическими методами, а также донным пробоотбором и бурением.

Кроме того, перспективным является составление геологических карт масштаба 1:200 000 на площадях интенсивного промышленного освоения (Байдаратская, Тазовская и Обская губы) и прибрежных акваторий у крупных городов.

Требуется обновить методы геологической съемки шельфа. Уже устарело проектирование регулярных сетей геолого-геофизических наблюдений с требуемой масштабом съемки плотностью. Более целесообразно заложение геофизических профилей и линий геологического опробования дна с необходимым сгущением наблюдений на ключевых участках. Для повышения информативности разумно внедрять единичные профильные наблюдения с варьированием различных геофизических модификаций (глубинной либо высокоразрешающей сейсморазведки, гравимагнитометрии, электроразведки, сейсмоакустики, геоакустики и т.д.). Комплексирование методов повышает качество конечной продукции. Возможно, следует уходить от квадратно-гнездового опробования площади массивными дночерпательями и габаритными грунтовыми трубками. Более информативным является изучение легкими средствами пробоотбора по более редкой сети и проведение не-глубокого бурения двух-трех скважин на площади. Опыт неглубокого бурения получен ВНИИ Океангеология на чукотском шельфе, где скважины были пробурены с морского буксира установкой многорейсового бурения, разработанной в Донецком университете [36]. Необходимо также



внедрение в практику морских геологосъемочных работ новых и доступных съемщикам лабораторных методов исследований.

Выводы. За прошедшее десятилетие геологическими организациями достигнуты новые результаты в геологическом картировании арктического шельфа и прилегающих глубоководных районов Северного Ледовитого океана. Составленные листы Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 включаются в обзорную геологическую карту России и прилегающих акваторий, дополняя ее новыми данными. Итоги составления комплектов карт Госгеолкарты-1000/3 опубликованы в статьях и монографиях. Намечены перспективы геологосъемочных работ в Арктике, связанные с завершением картирования масштаба 1:1 000 000 и локальных геологосъемочных работ масштаба 1:200 000 в прибрежных акваториях у крупных городов и в районах интенсивного промышленного освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). Версия 1.4. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 169 с.
2. Пискарев А.Л., Поселов В.А., Аветисов Г.П. и др. Арктический бассейн (геология и морфология). СПб: ВНИИОкеан-геология, 2017. 291 с.
3. Avetisov G.P., Butsenko V.V., Chernykh A.A. et. al. The Current State of the Arctic Basin Study // Geologic Structures of the Arctic Basin, Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2019. P. 1-69. DOI: [10.1007/978-3-319-77742-9_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77742-9_1)
4. Petrov O., Morozov A., Shokalsky S. Crustal structure and tectonic model of the Arctic region // Earth-Science Reviews. 2016. Vol. 154. P. 29-71. DOI: [10.1016/j.earscirev.2015.11.013](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.11.013)
5. Petrov O.V., Smelror M. Uniting the Arctic frontiers – International cooperation on circum-Arctic geological and geophysical maps // Polar Record. 2015. Vol. 51. P. 530-535. DOI: [10.1012/S0032247414000667](https://doi.org/10.1012/S0032247414000667)
6. Nikishin A.M., Gaina C., Petrov E.I. et. al. Basin and Gakkel Ridge, Arctic Ocean: Crustal asymmetry, ultra-slow spreading and continental rifting revealed by new seismic data // Tectonophysics. 2018. Vol. 746. P. 64-82. DOI: [10.1016/j.tecto.2017.09.006](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.09.006)
7. Казанин Г.С., Барабанова Ю.Б., Кириллова-Покровская Т.А. и др. Континентальная окраина Восточно-Сибирского моря: геологическое строение и перспективы нефтегазоносности // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 51-55.
8. Brinkhuis H., Schouten S., Collinson M.E. et. al. Episodic fresh surface waters in the Eocene Arctic // Nature. 2006. Vol. 441 (7093). P. 606-609. DOI: [10.1038/nature04692](https://doi.org/10.1038/nature04692)
9. Moran K., Backman J., Brinkhuis H. et. al. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // Nature. 2006. Vol. 441 (7093). P. 601-606. DOI: [10.1038/nature04800](https://doi.org/10.1038/nature04800)
10. Гладенков А.Ю., Гладенков Ю.Б. Начало формирования межокеанических связей Пацифики и Арктики через Берингов пролив в неогене // Стратиграфия и геологическая корреляция. 2004. Т. 12. № 2. С. 72-89.
11. Elias S.A., Short S.K., Nelson C.H., Birks H.H. Life and times of the Bering Land Bridge // Nature. 1996. Vol. 382. P. 60-63. DOI: [10.1038/382060a0](https://doi.org/10.1038/382060a0)
12. Крапивнер Р.Б. Быстрое погружение Баренцевского шельфа за последние 15-16 тысяч лет // Геотектоника. 2006. № 3. С. 39-51.
13. Крапивнер Р.Б. Признаки неотектонической активности Баренцевоморского шельфа // Геотектоника. 2007. № 2. С. 73-89.
14. Телегин А.Н. Возможности сейсморазведки при изучении кристаллического фундамента // Записки Горного института. 2017. Т. 223. С. 30-36. DOI: [10.18454/PMI.2017.1.30](https://doi.org/10.18454/PMI.2017.1.30)
15. Балдин В.А., Мунасыпов Н.З., Шарафутдинов Т.Р. Уточнение границ Западно-Сибирского бассейна на Таймырском полуострове // Геология нефти и газа. 2018. № 3. С. 59-75. DOI: [10.31087/0016-7894-2018-3-59-74](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-3-59-74)
16. Мунасыпов Н.З., Балдин В.А. Перспективы нефтегазоносности неопротерозойско-палеозойских отложений Южно-Таймырской структурно-тектонической зоны горного Таймыра: Труды IV Международной геолого-геофизической конференции и выставки «ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях». Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. С. 272-277.
17. Афанасенков А.П., Обухов А.Н., Чикишев А.А. и др. Тектоника северного обрамления Сибирской платформы по результатам комплексного анализа геолого-геофизических данных // Геология нефти и газа. 2018. № 1. С. 7-27.
18. Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И. О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // Геотектоника. 2004. № 6. С. 33-48.
19. Skolotnev S., Aleksandrova G., Isakova T. et. al. Fossils from seabed bedrocks: implications for the nature of the acoustic basement of the Mendeleev Rise (Arctic ocean) // Marine Geology. 2019. Vol. 407. P. 148-163. DOI: [10.1016/j.margeo.2018.11.002](https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.11.002)
20. Кушнир Д.Г. Глубинное геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Приенисейской полосы Таймыра и Гыдана // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2016. Т. 11. № 1. С. 1-8. DOI: [10.17353/2070-5379/6_2016](https://doi.org/10.17353/2070-5379/6_2016)
21. Verba V.V., Truhalev A.I. Plume origin of the Central Arctic uplifts evolution in the Amerasian Basin of the Arctic Ocean // Russian Journal of Earth Science. 2016. Vol. 16. ES1002. DOI: [10.2205/2016ES000562](https://doi.org/10.2205/2016ES000562)
22. Черных А.А., Астафурова Е.Г., Глебовский В.Ю. и др. Новые данные о тектонике поднятий Менделеева и сопредельных геоструктур // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470. № 2. С. 194-198. DOI: [10.7868/S0869565216260169](https://doi.org/10.7868/S0869565216260169)
23. Chernykh A., Glebovsky V., Korneva M., Zykov M. New insights into tectonics and evolution of the Amerasia basin // Journal of Geodynamics. 2018. Vol. 119. P. 167-182. DOI: [10.1016/j.jog.2018.02.010](https://doi.org/10.1016/j.jog.2018.02.010)



24. Алексеев М.А., Шнейдер Г.В. Юрские фораминиферы из разрезов скважин залива Терезы Клавенес (Восточный Таймыр) // Региональная геология и металлогения. 2020. № 83. С. 5-13.
25. Дараган-Сущова Л.А., Петров О.В., Дараган-Сущов Ю.И. и др. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана по сейсмическим данным // Региональная геология и металлогения. 2020. № 84. С. 25-44.
26. Пискарев А.Л., Аветисов Г.П., Киреев А.А. и др. Строение зоны перехода шельф моря Лаптевых – Евразийский бассейн (Северный Ледовитый океан) // Геотектоника. 2018. № 6. С. 3-24. DOI: 10.1134/S0016853X18060061
27. Гусев Е.А., Крылов А.А., Урванцев Д.М. и др. Геологическое строение северной части Карского шельфа у архипелага Северная Земля по результатам последних исследований // Записки Горного института. 2020. Т. 245. С. 505-512. DOI: 10.31897/PMI.2020.5.1
28. Piskarev A., Elkina D. Giant caldera in the Arctic Ocean: Evidence of the catastrophic eruptive event // Scientific. Reports. 2017. Vol. 7. № 46248. DOI: 10.1038/srep46248
29. Рекант П.В., Гусев Е.А. Структура и история формирования осадочного чехла рифтовой зоны хребта Гаккеля (Северный Ледовитый океан) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 9. С. 1634-1640. DOI: 10.15372/GiG20160903
30. Elkina D.V., Petrova V.I., Piskarev A.L., Andreeva I.A. Pliocene-Pleistocene Sedimentation // Geologic Structures of the Arctic Basin. 2019. Р. 327-364. DOI: 10.1007/978-3-319-77742-9_11
31. Левитан М.А. Скорости седиментации отложений последних пяти морских изотопных стадий в Северном Ледовитом океане // Океанология. 2015. Т. 55. № 3. С. 470-479. DOI: 10.7868/S0030157415030119
32. Гусев Е.А., Кузнецов А.Б., Талденкова Е.Е. и др. Скорость и условия накопления позднекайнозойских осадков Поднятия Менделеева: Sr-изотопная и $\delta^{18}\text{O}$ -хемостратиграфия // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473. № 3. С. 336-340. DOI: 10.7868/S0869565217090171
33. Dipre G.R., Polyak L., Kuznetsov A.B. et. al. Plio-Pleistocene sedimentary record from the Northwind Ridge: new insights into paleoclimatic evolution of the western Arctic Ocean for the last 5 Ma // Arktos. 2018. Vol. 4. Р. 1-24. DOI: 10.1007/s41063-018-0054-y
34. Gusev E.A., Gladyshev V.A., Zykov E.A. et. al. Problems and Prospects of Seismoacoustic Profiling for Bottom Sediments Stratigraphy Studies, Sedimentary Cover Rocks and Submarine Permafrost Investigations on The Arctic Shelf // Conference Proceedings, Engineering and Mining Geophysics 2021, April 2021. Vol. 2021. Р. 1-7. DOI: 10.3997/2214-4609.202152120
35. Егоров А.С., Винокуров И.Ю., Телегин А.Н. Научно-методические приемы повышения геологической и прогнозно-поисковой эффективности государственного геологического картирования российского арктического шельфа // Записки Горного института. 2018. Т. 233. С. 447-458. DOI: 10.31897/PMI.2018.5.447
36. Гусев Е.А., Шнейдер Г.В., Рекант П.В., Каракозов А.А. Результаты неглубокого бурения на Таймыре и на шельфе восточно-арктических морей России // Горный журнал. 2021. № 12. С. 4-9. DOI: 10.17580/gzh.2021.12.01

Автор Е.А.Гусев, канд. геол.-минерал. наук, заместитель генерального директора, gus-evgeny@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6045-0730>(Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия).