

некаменноугольный башкирский. В наиболее активных приразломных зонах этот процесс, возможно, продолжался до перми. Подобная картина характерна и для более глубокой части троговой системы. Изложенное находит подтверждение и отчетливо иллюстрируется на недавно полученном глубинном сейсмическом разрезе МАГЭ (рис. 1.1.13).

Эти события синхронны этапам растяжения и грабенообразования на Норвежском шельфе, в Северном море, Южной Англии и Свердрупском бассейне Канады (динантская и стефанская фазы – ранний карбон и касимовско-гжельское время соответственно).

Таким образом, позднепалеозойские рифтогенные структуры западной и юго-восточной частей

Южно-Баренцевской впадины по времени проявления своего формирования являются разновозрастными: в основном допозднекаменноугольными и допозднедевонскими соответственно. Все отмеченное обусловило асимметричный профиль в строении и асинхронность развития бортовых зон рифтовой системы. В мезозойское время под влиянием формирования складчато-надвиговой структуры Новой Земли [Богданов и др., 1997; Объяснительная..., 1996], а также в кайнозой, в связи со становлением океанических спрединговых бассейнов [Шипилов, 2005; Шипилов и др., 2006], асимметрия рифтогенного прогиба стала еще более контрастной.

## 1.2. Особенности строения ледниковых образований и связанных с ними форм донного рельефа по данным сейсмоакустического профилирования и их роль в решении дискуссионных вопросов формирования четвертичного покрова Баренцева моря

*А.Е. Рыбалко<sup>1</sup>, М.Ю. Токарев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Рассматриваются остро дискуссионные вопросы в современной четвертичной геологии арктических морей, связанные с их оледенением. Подробно рассмотрены история возникновения проблемы оледенения шельфов или «дрифтового» накопления валунносодержащих толщ, результаты сейсмоакустических исследований и их интерпретации с целью сейсмостратиграфического и генетического расчленения покрова рыхлых осадков четвертичного возраста. Приводятся аргументы в пользу континентального происхождения ледников (Новоземельского, Островного и Скандинавского), которые в позднем неоплейстоцене распространились на шельф Баренцева моря, оккупировали его поверхность до глубин 120–150 м. Дальнейшее развитие оледенения шло уже за счет расширения площади шельфовых ледников. Оценивается фациальная зональность ледниково-морских отложений, связанная с удалением от фронта ледников, и делается вывод, что уже в конце позднего неоплейстоцена большая часть современного Баренцева моря была свободна как от ледников, так и от годового покрова паковых льдов. Приводятся данные об отсутствии в пределах современного баренцевоморского шельфа площадного распространения толщ мерзлых осадков.

**Ключевые слова:** шельф, оледенение, неоплейстоцен, сейсмоакустика.

DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(5)

Одним из остро дискуссионных вопросов в современной четвертичной геологии, в том числе и в морской, арктических территорий России является вопрос о существовании или отсутствии в это время ледниковых покровных оледенений. Не касаясь Восточно-Арктического шельфа, где все-таки большинство исследователей отрицает наличие ледниковых щитов, отметим, что на Западно-Арктическом шельфе, в том числе и на шельфе Баренцева моря, этот вопрос по-прежнему является предметом дискуссий, несмотря на то, что в настоящее время имеется доста-

точно много материалов бурения. В тоже время развитие нефтегазовой отрасли в этом районе (в своем большинстве в поисково-разведочной стадии) привело к активизации исследований с использованием новейших многоканальных сейсмоакустических систем, которые внесли много нового в разрешение этой проблемы. Составлены гляциальные схемы окружающих районов, что также способствует решению указанной проблемы. Делается попытка всестороннего рассмотрения указанной проблемы, в том числе и с привлечением новейших данных.

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГЛЯЦИАЛИСТИЧЕСКИХ И АНТИГЛЯЦИАЛИСТИЧЕСКИХ ВЗГЛЯДОВ НА БАРЕНЦЕВОМОРСКОМ ШЕЛЬФЕ

Гипотеза оледенения Баренцева шельфа была впервые высказана К. Гриппом [Griff, 1929], а затем И. Блютгеном [Blüthgen, 1942]. В Советском Союзе подробно на этом вопросе останавливался В.Д. Дибнер [Дибнер, 1959, 1961]. Эти представления во многом опирались на материалы исследований четвертичных отложений Баренцева моря М.В. Кленовой [Кленова, 1960], которая впервые обратила внимание на то, что морские современные илы подстилаются плотными глинами, часто валунносодержащими. Эти глины или обнажаются на поверхности морского дна или залегают под очень тонким (0.3–1.0 м) слоем современных (преимущественно глинистых) осадков (район п-ова Рыбачьего, Мурманское мелководье, западные промысловые банки и ряд пунктов на разрезе по Кольскому меридиану). До нее на наличие сплошного развития плотных серых глин под зелеными (донными) илами в западной, наиболее глубоководной части моря между Финмаркеном и Западным Шпицбергенем указывал еще в 1912 году Ф. Нансен [Нансен, 1938], а также П.С. Воронов в 1957 году [Дибнер, 1968]. Литологически – это дресвяно-песчанистые глины и суглинки темно-серого или зелено-серого цвета, относительно плотные, пластичные или вязкие с большей или меньшей примесью щебня, иногда слегка окатанного. Реже встречаются гравий и галька. Эти отложения развиты практически на всей поверхности Баренцева моря за исключением только абразионных платформ, где дно сложено скальными породами или продуктами их разрушения. С деятельностью ледников на Баренцево-Карском шельфе В.Д. Дибнер связывает широкое распространение котловинно-холмистого и грядового рельефа ледниково-аккумулятивного габитуса. Им же впервые были выделены на морском дне пояса краевых образований, которые характеризуются теми же морфологическими показателями, что и на северо-западе Восточно-Европейской равнины. Это субпараллельные цепочки подводных холмов с относительными превышениями до 50–100 м и достигающие в длину до 10–15 км. Подобные краевые комплексы были выделены вдоль северного борта Медвежинского желоба, к юго-западу от Центрального Баренцевоморского поднятия, а также к северо-западу от Канинско-Колгуевского плато [Дибнер, 1968].

На данном этапе развития работ не было проведено какой-либо представительной попытки картографирования ледниковых образований на шельфе Баренцева моря.

Следующий этап развития представлений об оледенении шельфа Баренцева моря связан с именем Г.Г. Матишова. Его монография «Дно океана в ледниковый период», вышедшая в 1984 году [Матишов, 1984], подвела итог более 10-летних исследований геоморфологии западно-арктических шельфов. Она основана на анализе практически всех (главным образом, зарубежных) источников, посвященных гляциальным шельфам мира, включая многочисленные сейсмограммы и достаточно редкие в то время результаты морского бурения, а также изучения эхограмм промысловых судов как самого ПИПРО, где и работал автор монографии, так и рыболовецкого флота Министерства рыбной промышленности СССР. По существу это до сих пор наиболее полный гляциоморфологический анализ Баренцева моря. Г.Г. Матишовым была подробно охарактеризована морфоскульптура баренцевоморского шельфа, связанная с оледенением, прежде всего, многочисленные моренные гряды, отражающие распространение разновозрастных ледников, распространяющихся со стороны суши. Эти формы были впервые изображены на картах различного масштаба (рис. 1.2.1).

Большим вкладом в общую теорию оледенения является впервые сформулированное понятие «океанический перегляциал», под которым понимаются территории (акватории), не испытавшие оледенения, но в пределах которых природные процессы во многом определялись особенностями развития ледниковых щитов.

Именно с работ Г.Г. Матишова оформилось одно из трех основных направлений в дискуссионной проблеме оледенения (неоледенения) Баренцева моря и, вообще, гляциальных шельфов. Согласно ему в период четвертичных оледенений их центры располагались на суше, материковые ледниковые покровы неоднократно распространялись на Баренцевоморский шельф, сформировав холмисто-грядовый рельеф и специфические миктитовые отложения, содержащие примесь грубообломочного материала по периферии или на поднятиях Баренцева моря [Хольтедаль, 1958; Кленова, 1960; Спиридонов, 1970; Лаврушин, 1970]. Редкие в то время длинные колонки не вскрыли ледниковых отложений в центральной части Баренцева моря [Матишов, 1987].

Это направление впоследствии получило развитие в работах Института Океанологии АН СССР (РАН) [Арктический шельф..., 1987; Павлидис и др., 1998, 2001, 2005], ВСЕГЕИ [Спиридонов, 1970; Спиридонов и др., 1992] и ряда других организаций.

Другое направление определяют взгляды сторонников ледниковой теории, которые первоначально опирались на представления В.Д. Дибнера о пло-

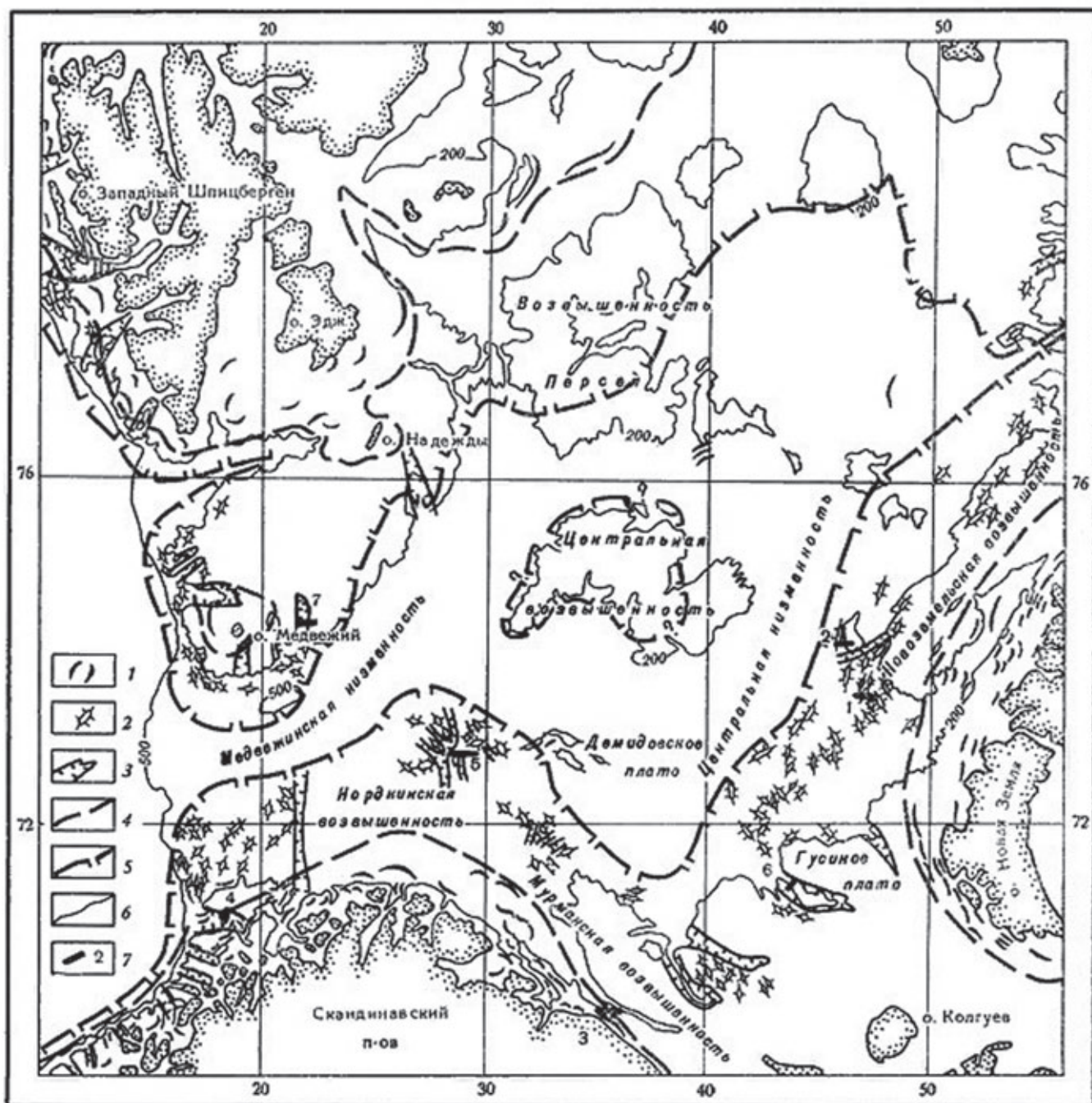


Рис. 1.2.1. Распространение ледниковой морфоскульптуры на дне Баренцева моря [Матишов, 1977].

Моренные гряды и массивы: 1 – молодые, 2 – древнеледниковые, 3 – троговые долины, 4 – границы максимального распространения материковых ледников в эпоху максимального валдайского оледенения, 5 – тоже в эпоху среднеледникового оледенения, 6 – изобаты 200 и 500 м, 7 – номера эхограмм, использованных для составления карты

щадном распространении ледников на акватории Баренцева моря [Дибнер, 1968]. Свое оформление они получили в работах М.Г. Гросвальда, который выдвинул идею так называемого «Панарктического ледникового покрова» [Гросвальд, 1998]. Полностью она сформулирована в известной монографии Михаила Григорьевича и, без сомнения, остается одной

из самых красивых модельных теорий в четвертичной геологии XX столетия [Гросвальд, 1983, 1998]. Огромный ледник, возникший при слиянии четырех ледниковых щитов: Британского, Скандинавского, Баренцева и Карского, распространялся и на шельфы Северного, Баренцева и Карского морей. Карта этого покрова заняла одно из центральных мест в ито-

вых документах Проекта КЛИМАП [CLIMAP, 1981] и во многих других обзорных материалах того времени, таких как монография Дж. Дентона и Т. Хьюза [The last great..., 1981]. В 1990 году была опубликована статья В.Г. Гатауллиной и Л.В. Поляка, которые, ссылаясь на данные сейсмоакустического профилирования, выявили в центре Баренцевоморской Центральной впадины – наиболее глубоководного участка баренцевоморского шельфа с глубинами моря до 390 м – аккумулятивное караваяеобразное тело, сложенное так называемой прозрачной толщей мощностью до 100 м [Старовойтов и др., 1983]. Они интерпретировали его как подводный супрагляциальный флуотилл (морена сплывания) [Гатауллин, Поляк, 1990], что послужило, косвенным доказательством присутствия ледника на всем баренцевоморском шельфе. Впоследствии Л.В. Поляк существенно укрепил позиции сторонников Панарктического ледника, проанализировав данные бурения в Печорском море [Polyak et al., 2001]. Вывод о покровном оледенении Баренцева шельфа нашел подтверждение в норвежских исследованиях, которые начались в 1980-х годах и в значительной мере опирались на результаты геофизических исследований. Поддержали эту идею и

ряд исследователей из России, Швеции, США, Германии [Гатауллин и др., 1992; Elverhøi et al., 1993 и др.]. Впоследствии идеи о площадном распространении ледника, по крайней мере, в пределах западно-арктического шельфа нашли свое отображение в Европейском проекте QUEEN [Mangerud et al., 1999; Svendsen et al., 2004]. На приведенной карте-реконструкции отчетливо видно, что все Баренцево море без южной части Печорского моря и западная часть Карского моря в период развития максимума Валдайского (Вехзельского) оледенения были покрыты сплошным ледником (рис. 1.2.2).

Правда, по новейшей концепции участников проекта QUEEN [Mangerud et al., 1999], последний ледниковый максимум совпадал не с поздним, а с ранним или средним валдаем (изотопные стадии 3 или 4) [Гросвальд, 1999]. Эта реконструкция в настоящее время практически является ведущей для баренцевоморского шельфа, по крайней мере, в трудах западных ученых.

Многие исследователи, в том числе и последовательные сторонники теории гляциальных шельфов, до сих пор рассматривают модель единого Панарктического ледникового щита как рабочую гипотезу. Она

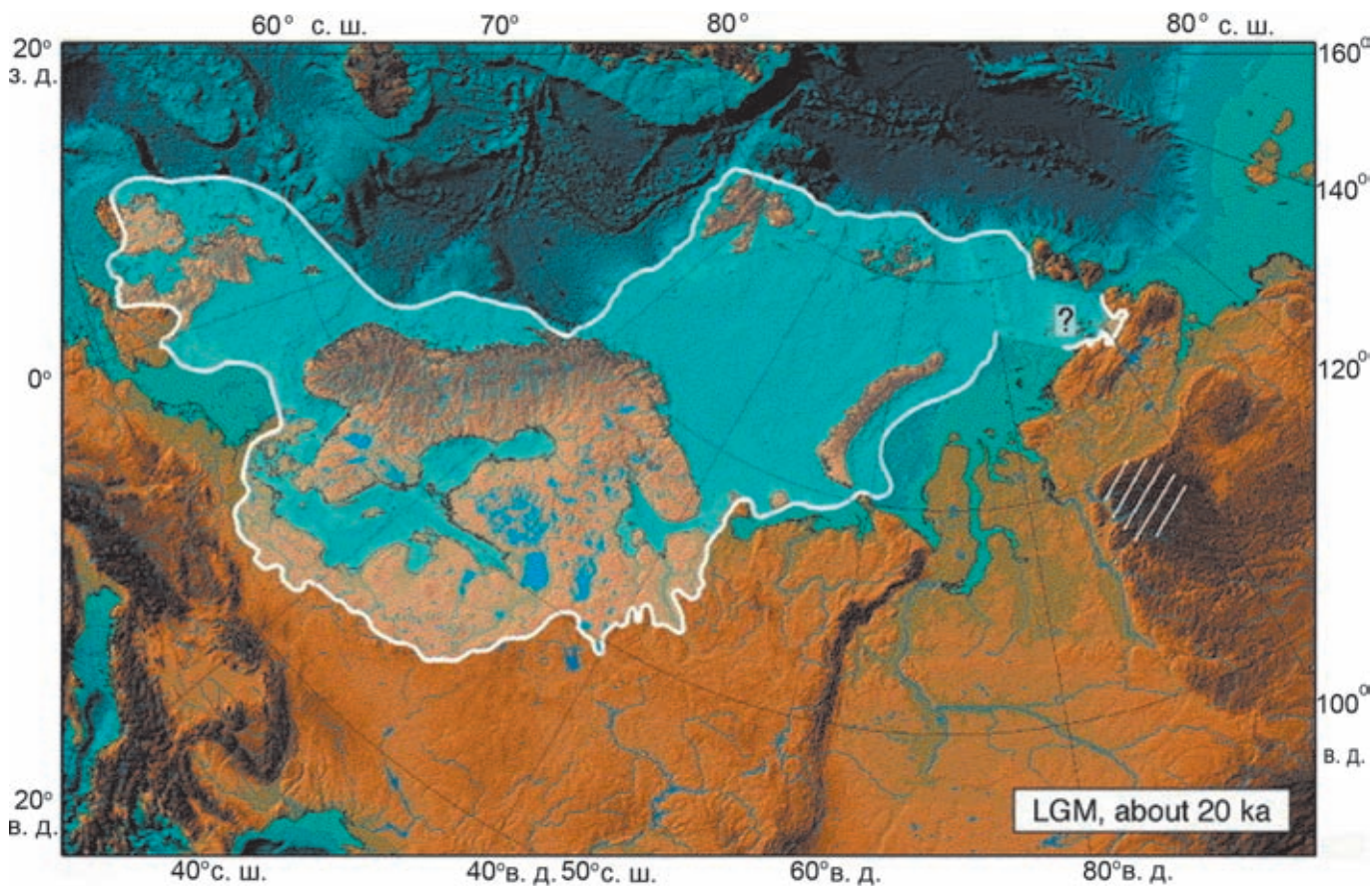


Рис. 1.2.2. Карта реконструкции максимального оледенения 20 тыс. лет тому назад (LGM) по Ю. Свендсену с соавторами [Svendsen et al., 2004]

построена в близком соответствии с гляциологическими фактами, имеющими, однако, очень косвенное отношение к собственно арктическому шельфу. Эти реконструкции во многом противоречат материалам проникновения баренцевоморских вод во впадину Белого моря, данным о продвижении ледников со стороны суши, а не наоборот, как это должно происходить по теории нахождения центра Ледникового щита над Баренцевым морем [Павлидис и др., 2005]. Тем не менее, это второе из трех основных направлений по проблеме оледенения Баренцева моря.

Третье направление – маринизм или антигляциализм, на самом деле имеет гораздо более глубокие корни, чем теория материковых оледенений. По данной концепции несортированные щебнистые глины северных равнин представляли осадки холодных полярных морей, а включенные в эти осадки валуны и глыбы попали на морское дно в результате вытравивания из дрейфующих льдов. Эта теория абсолютно господствовала до 1870 года, а ее основоположником был Чарльз Лайель – абсолютный авторитет в геологии тех времен. В России дрифтовая теория также появилась задолго до начала систематического изучения геологического строения арктических морей и опиралась на данные изучения Урала и, особенно, Западной Сибири, где разрезы четвертичных отложений существенно отличались от западноевропейских. Для взглядов сторонников этого направления характерно преувеличение роли тектонических процессов и морских трансгрессий в формировании четвертичных отложений. Так, одна из апологетов маринистской теории – Н.Г. Загорская – писала, что «наиболее существенное отличие наших представлений от классического понимания геологии и палеогеографии плейстоцена – это признание ведущей роли тектонических процессов и явлений морских трансгрессий по отношению ко всем другим, в том числе к ледниковым процессам формирования отложений и рельефа» [Загорская и др., 1972]. Современные маринистические взгляды основаны на представлениях о ледово- (ледниково-) морской седиментации и активных неотектонических процессах на шельфе. Так, Р.Б. Крапивнер доказывает, что многочисленные валы на Западно-Арктическом шельфе и в Норвежском море, указывающие на пределы распространения ледниковых щитов на шельфе, имеют тектоническое происхождение [Крапивнер, 2018]. Им же высказано утверждение, что гляциодислокации и отторженцы платформенного чехла сопряжены с глубинными разломами земной коры и сформировались в результате разрывных тектонических дислокаций и проявлений диапиризма в неотектоническую эпоху [Чувардинский, 2014]. Одним из апологетов неотек-

тоники Балтийского кристаллического щита и отсутствия признаков площадного оледенения на берегах Баренцева моря является сам В.Г. Чувардинский, который опубликовал на эту тему несколько монографий и диссертацию, которая, к сожалению, не была допущена к защите из-за идейных разногласий с оппонентами.

Представленный очерк ни в коей мере не претендует на полноту изложения. Острая дискуссионность проблемы втянула в это научное и не очень (в смысле сведения счетов) противостояние десятки человек. Нашей целью было показать основные отправные точки зрения (тот же В.Г. Чувардинский утверждает, что только теорий оледенения шельфа существует несколько десятков, но это явный перебор). Как взгляды влияют на составление картографических продуктов обзорных масштабов, иллюстрирует пример составления карт четвертичных отложений России. На первой из них – Карте четвертичных образований России масштаба 1:5000000 (гл. ред. И.И. Краснов, ред. Б.А. Борисов, Е.А. Минина, 2001 г.) баренцевоморский шельф изображен в общепринятой легенде с выделением ледниковых, ледниково-морских и морских отложений [Карта четвертичных..., 2000]. На следующей карте, уже масштаба 1:2500000, где основным автором по геологии четвертичных отложений шельфа был Е.А. Гусев (ВНИИОкеанология»), все дно Баренцева моря залито преимущественно синим цветом [Застрожнов и др., 2011]. Эта карта не была издана и осталась на сайтах ВСЕГЕИ и ВНИИОкеангеологии. Реванш ВСЕГЕИ взял в 2015 году, когда была издана актуализированная версия этой карты, которая и считается в настоящее время основной. В ней Баренцево море вернулось к первоначальной версии, но редакция карты без первоначального автора привела к появлению многих нелепиц, таких как ледниковый щит на Новосибирских островах, где он не может быть в принципе. Излишне указывать, что авторы практически пользовались одним и тем же материалом, на что указывает совпадение контуров выделяемых тел, а также списки использованной литературы. Но раскраска их различается и отражает научные взгляды составителей. Надо сказать, что к этому времени и взгляды самого Е.А. Гусева претерпели некоторую эволюцию. При подготовке новых листов Государственной геологической карты масштаба 1:100000 на Баренцевом море он начал склоняться к мысли, что частичная оккупация шельфа Баренцева моря ледниками, двигающимися со стороны суши, все же имела место [Гусев и др., 2012a].

Нашей целью является изложение фактических материалов по строению четвертичных отложений

шельфа Баренцева моря, в том числе и новейших данных, полученных при современных инженерно-геологических изысканиях, которые проводятся в интересах Газпрома и Роснефти. Но прежде обратимся к геологическому строению дна Баренцева моря.

### ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Баренцево море является самым западным среди российских арктических морей и обладает самым широким и глубоким шельфом в мире. Оно входит в систему Атлантического океана, граница с которым проходит по линии: мыс Нордкап – о. Медвежий – мыс Серкапп – архипелаг Шпицберген. Граница с Северным Ледовитым океаном (СЛО) совпадает с бровкой континентального шельфа и протягивается от мыса Лаура на архипелаге Шпицберген через северное побережье Земли Франца-Иосифа до желоба Святой Анны, где проходит его граница с Карским морем, вытянутая до мыса Желания на севере архипелага Новая Земля. Баренцево море – пограничное и омывает также берега Норвегии, где находится самый северный мыс Европы – Нордкап. На юго-востоке граница очень четкая и идет от юга Новой Земли через остров Вайгач до хребта Пай-Хой на континентальной суше.

Шельф Баренцева моря является переуглубленным (преобладают глубины 100–350 м, а вблизи границы с Норвежским морем они увеличиваются до 600 м). Рельеф дна – довольно пересеченный для континентальной окраины материка, характеризуется чередованием пологих подводных возвышенностей, разделенных желообразными депрессиями, которые переходят в выводные каналы. Наиболее крупной рекой, впадающей в море, является Печора. Остальные реки – мелкие и не играют существенной роли в питании его обломочным материалом.

Климатические условия моря достаточно контрастны. Юго-западная его часть, благодаря влиянию теплого Северо-Атлантического течения характеризуется мягким морским климатом: в Мурманске средние температуры января выше  $-8^{\circ}$ , средние температуры июля и августа лишь немного выше  $+10^{\circ}$  [Геоэкология шельфа..., 1993]. Характерной чертой Баренцева моря является его минимальная ледовитость среди всех арктических морей России. Южная часть моря вообще не замерзает, за исключением отдельных фьордов Мурманского побережья. Наиболее долго льды сохраняются (до 8 месяцев) в юго-восточной части моря.

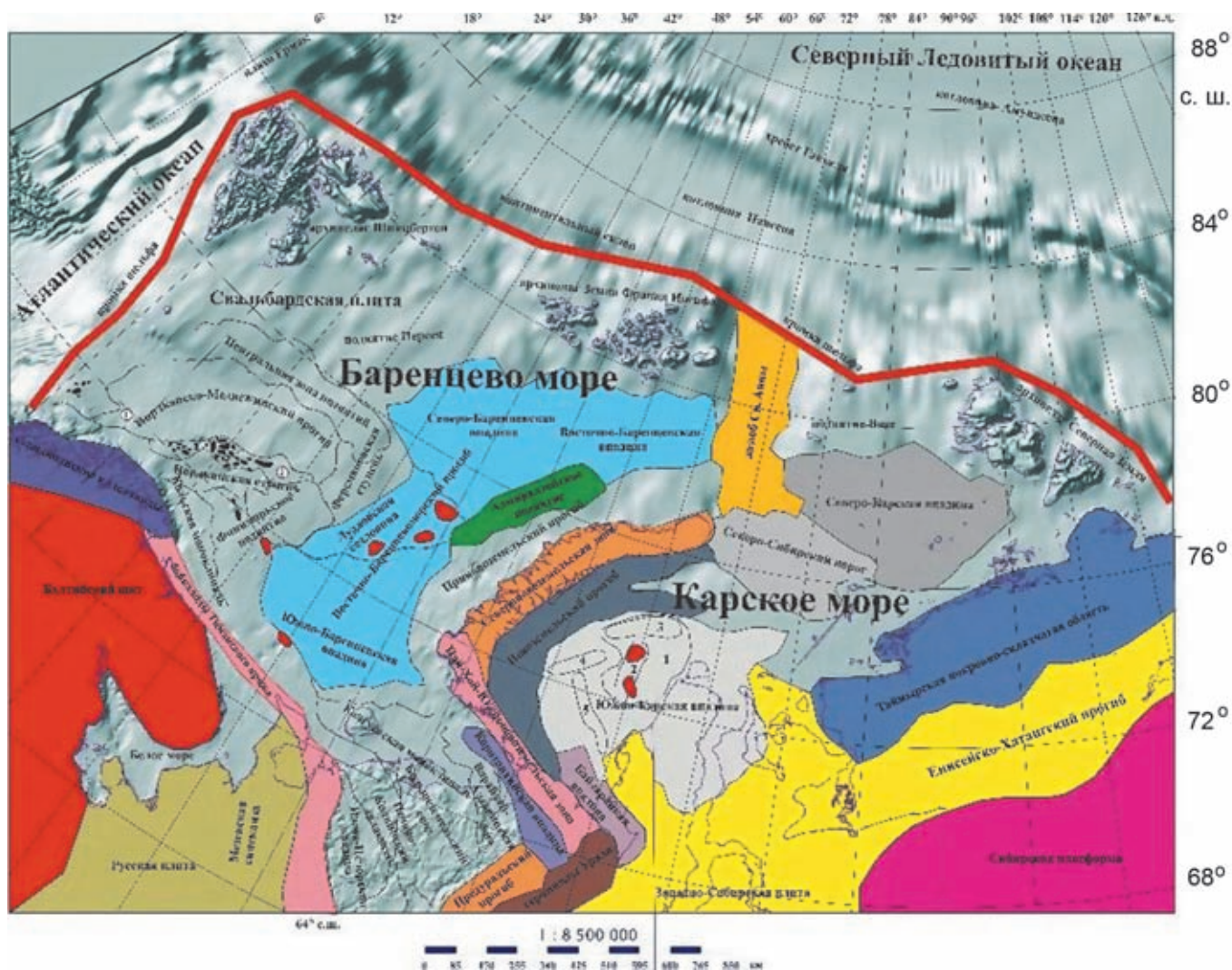
В геологическом отношении шельф Баренцева моря является наиболее изученным, чему во многом поспособствовало отсутствие зимнего покро-

ва льдов. Планомерное изучение его геологической структуры началось в 1960-х годах. Начиная с 1981 г., стали проводить хоть и редкое, но глубокое структурное бурение. В настоящее время практически вся площадь баренцевоморского шельфа закрыта Государственным геологическим картированием масштаба 1:1000000. В результате получены достаточно подробные сведения об основных чертах геологического строения осадочного чехла, его мощности и основных структурных элементах строения баренцевоморского шельфа [Геологическое..., 1985].

В целом Баренцево море имеет континентальную кору докембрийского возраста гетерогенного строения, которая в пермское и мезозойское время претерпела несколько этапов деструкции. Выделяются районы с возрастом формирования континентальной коры архейского, гренвилльского и байкальского возрастов. Первая развита в пределах подводного продолжения Восточно-Европейской платформы, вторая – на Баренцевоморской (Свальдбардской) плите, третья – в Тимано-Печорской провинции (рис. 1.2.3).

Юго-западную часть баренцевоморского шельфа занимает Балтийский кристаллический щит, представляющий собой выходящий на поверхность кристаллический фундамент платформы раннедокембрийской консолидации. Он представлен Мурманским блоком Карело-Кольского подвижного складчатого пояса и сложен преимущественно архейскими образованиями, метаморфизованными в гранулитовой фации умеренных давлений (Кольский тип) [Другова и др., 1972]. Возраст их древний, более 3.0 млрд лет. Внутренняя структура Мурманского блока характеризуется преобладанием гранитоидных куполов и гранитогнейсовых овалов, осложненных системой серповидных и прямолинейных разломов. Породы Мурманского блока протягиваются узкой полосой вдоль северного берега Кольского полуострова и отделены от других структур в пределах Баренцева моря разломом Карпинского, по которому кристаллический фундамент опущен в сторону моря и ступенчато погружается под осадочный чехол Кольской моноклинали (Кильдино-Святоноская ступень баренцевоморской плиты) [Тектоника Белого..., 2012]. Она в контактной зоне с блоком кристаллических пород фундамента сложена преимущественно терригенными породами рифейского возраста, которые выходят на суше на юге полуостровов Варангер, Средний, Рыбачий и на о-ве Кильдин, образуя фундамент Северо-Кольской области перикратонного погружения (рис. 1.2.4).

Мощность этих образований может достигать 2–5 км [Государственная..., 2008]. С северо-запада



**Рис. 1.2.3.** Схема расположения основных элементов структуры Баренцева и Карского морей и их обрамления.

1 – Русановский свод; 2 – Ленинградско-Русановская группа поднятий; 3–5 – вали: 3 – Кропоткина, 4 – Воронина, 5 – Обручева [Геология и полезные ископаемые..., 2004]. Черные поля – соляные купола, красные – газовые и газоконденсатные месторождения

к Кольской моноклинали (на рис. 1.2.3 она выделена как Байкало-Тиманский кряж) примыкает Западно-Арктическая (Баренцевоморская) плита, в которой выделяются следующие региональные элементы: Свальбардская плита, Баренцевоморский мегапрогиб, Печорская плита (рис. 1.2.3). Наиболее важной структурной единицей является Баренцевоморский мегапрогиб, в котором, в свою очередь, выделяются Северо-Баренцевоморский и Южно-Баренцевоморский прогибы (рис. 1.2.3). Это крупнейшие в мире осадочные бассейны, мощность осадочного покрова в которых достигает 18 км и более. В пределах этих прогибов происходит утонение или полное исчезновение «гранитного» слоя земной коры. Он сложен в большей части мезозойскими породами и именно с ними связаны основные месторождения нефти и

газа [Геология и полезные ископаемые..., 2004]. Происхождение этих структур дискуссионно. По мнению С.В. Аплонова – это типичные, прекратившие свое развитие палеорифты, которые и положили начало формированию мощных седиментационных бассейнов [Аплонов, 2001]. Другие мнения также связаны с теорией рифтогенеза, разница заключается в особенностях их развития и затухания [Верба и др., 2005]. С точки зрения обсуждаемых в нашей статье проблем следует признать, что большая часть дна Баренцева моря входит в состав платформенной области, осложненной прогибами и разделяющими их возвышенностями. Важной особенностью является очень слабое развитие прибрежных мелководий. Даже внутри островных архипелагов располагаются глубокие проливы с крутыми бортами.

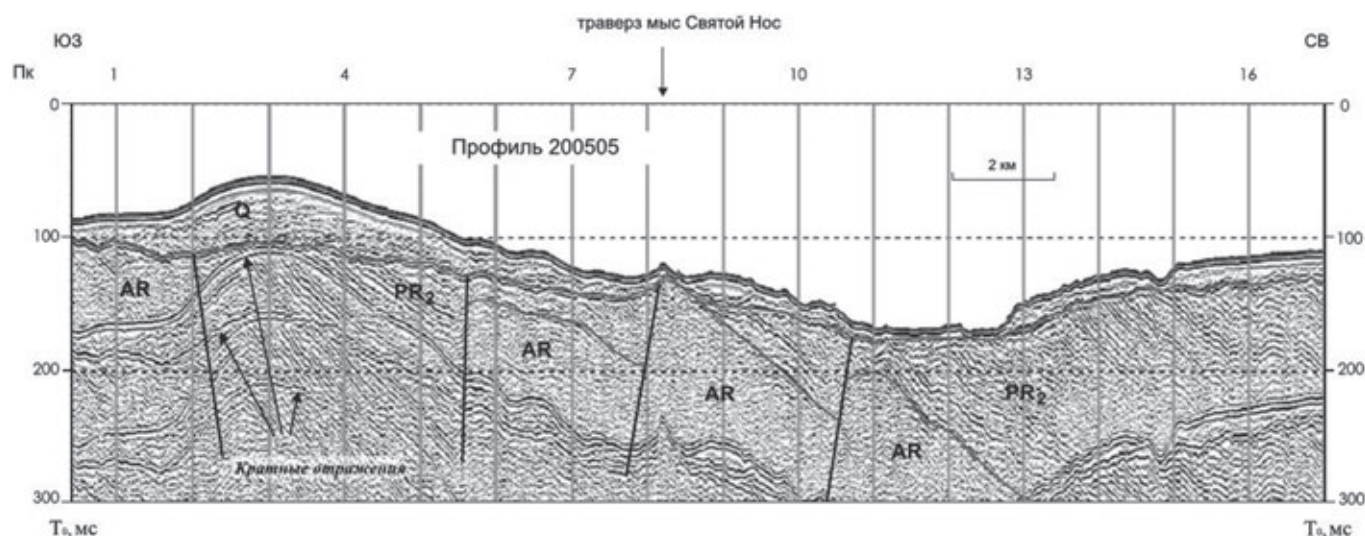


Рис. 1.2.4. Строение верхнепротерозойских образований Кильдинско-Святоносской ступени (Интерпретация С.И. Шкарубо) [Государственная..., 2008]

### ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА И РОЛЬ В НИХ ГЛЯЦИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Как уже отмечалось выше, происхождение четвертичных отложений и их состав являются предметом острых дискуссий. При наличии довольно большого количества буровых скважин, вещественный анализ и текстурные наблюдения проведены в недостаточном количестве. До сих пор большая часть построений опирается преимущественно (а иногда и исключительно) на геофизические (сейсмоакустические) данные.

На сейсмогеологических разрезах рыхлые отложения, основную часть которых представляют четвертичные, выделяются выше поверхности самого верхнего регионального несогласия (рис. 1.2.4). Нижняя их граница особенно четко прослеживается на поверхности консолидированных пород палеозоя–протерозоя. Однако на значительных площадях баренцевоморского шельфа отчетливость этого контакта пропадает, что, с одной стороны, связано с гляциотектоническими дислокациями рыхлых мезозойских отложений в подошве ледникового горизонта [Гагауллин и др., 1992], а с другой, – с тем, что литофизические свойства четвертичных, палеогеновых, а часто и мезозойских осадочных образований весьма близки между собой. Анализ многочисленных сейсмоакустических данных показывает, что часто подстилающие коренные породы выходят на поверхность морского дна [Костин, Тарасов, 2011; Тарасов и др., 2009]. При этом в разрезе коренных отложений на западно-арктическом шельфе практиче-

ски отсутствуют образования кайнозойского яруса. Отсутствие в разрезах палеоген–неогеновых пород означает, что в кайнозойе мощная толща слаболитифицированных пород мощностью до нескольких километров была денудирована (или не отлагалась). По мнению ряда авторов только во внутренних районах шельфа в кайнозойское время было размывто около 1.5–2.0 км, нарастая к его периферийным зонам до 3.0 км и более в пределах Шпицбергена [Шипилов, Тарасов, 1998; Structure..., 2008].

Одна из главных задач интерпретации сейсмоакустических методов – составление карт распределения мощностей четвертичных и, если есть возможность, голоценовых отложений. Как показывают материалы обработки сейсмограмм, рыхлые отложения распространены практически повсеместно, облекая обычно рельеф дочетвертичной поверхности, за исключением подводных выходов (скальных) пород осадочно-метаморфического комплекса, что встречается крайне редко. Элементы погребенного макрорельефа также влияют на пространственное распространение мощности четвертичного покрова. Собственно, батиметрический контроль достаточно слабо влияет на распределение мощностей рыхлых осадков на дне Баренцева моря. В среднем мощность их на баренцевоморском шельфе составляет 30–40 м, сокращаясь к северу от 74° с. ш. [Тарасов, 2015], при этом существуют огромные площади, где общая мощность четвертичных осадков не превышает 1 м.

Анализ сейсмопрофилей показывает, что максимальные мощности характерны как для относительно возвышенных участков морского дна (Северо-Канинская и Мурманская возвышенности), так и для ряда впадин и желобов (котловина Самойлова,



Южно-Новоземельский и Гусиный желоба). Однако на других формах рельефа, сходных по морфологии с вышеупомянутыми (например, Восточно-Новоземельский желоб, возвышенность Альбанова и др.), отмечаются уже сокращенные мощности рыхлых осадков (менее 10 м), вплоть до выклинивания четвертичного чехла [Тарасов, 2015]. Резкое возрастание

мощности четвертичного покрова отмечается в юго-восточной части Баренцева моря (к востоку от Гусиной и Канинской банки), при этом меняется и характер его разреза [Старовойтов и др., 1983]. По данным Г.А. Тарасова [2015] на отдельных участках Печорского шельфа мощность четвертичного покрова превышает 200 м (рис. 1.2.5). При этом он считает, что

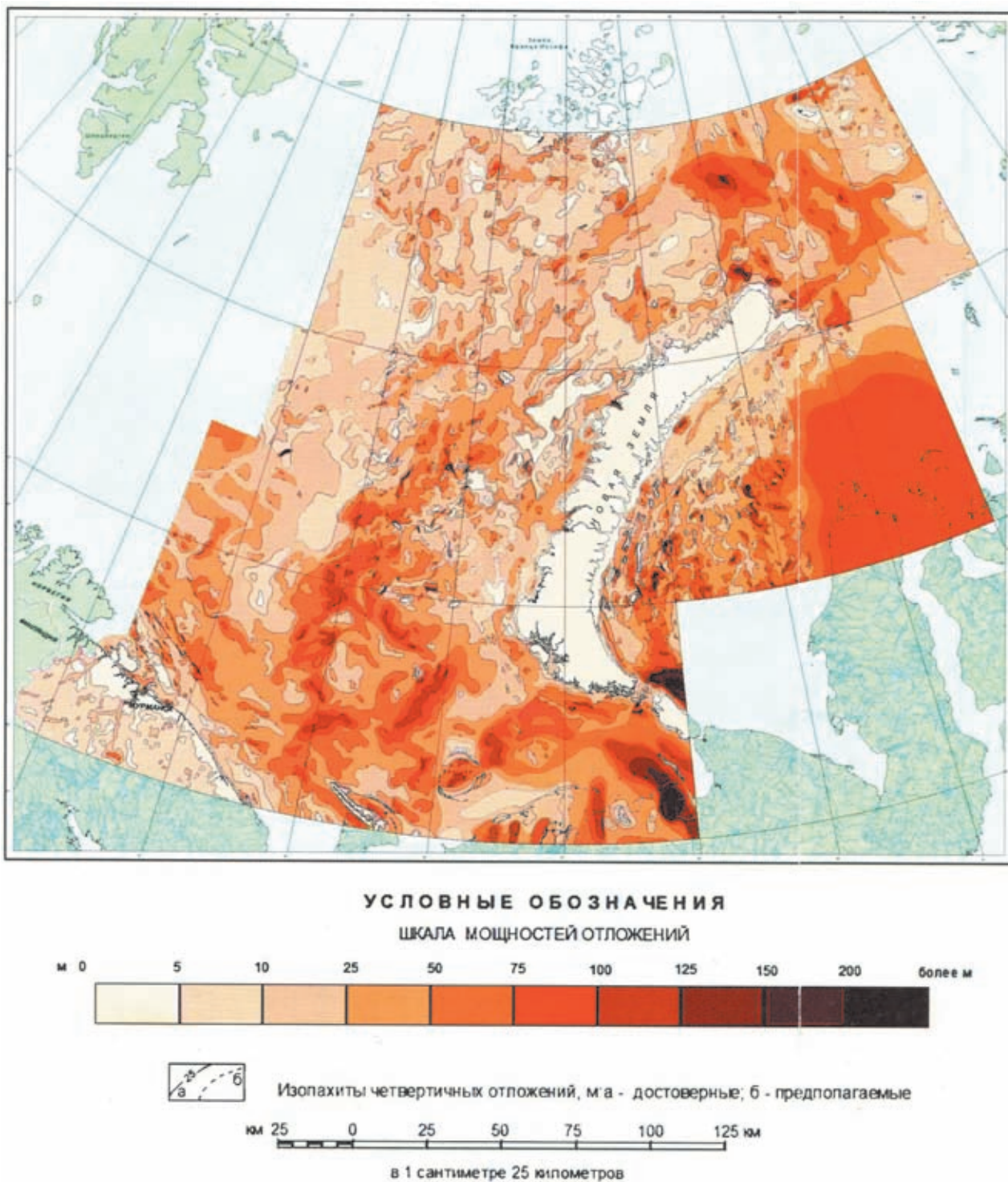


Рис. 1.2.5. Схема мощности четвертичных отложений Баренцево-Карского шельфа [Костин, Тарасов, 2015]

четвертичные отложения шельфа Печорского моря были сформированы в процессе неоднократных гляциоэвстатических колебаний уровня Мирового океана в условиях смены морских обстановок континентальными, сопровождавшимися развитием мощных ледниковых покровов. Это и привело к формированию чрезвычайно сложно построенной толщи неоплейстоценовых отложений, представленной чередованием моренных и межледниковых отложений, которая перекрыта морскими голоценовыми отложениями также повышенной мощности [Костин, Тарасов, 2011]. Для нас важно мнение этого известного исследователя западно-арктического шельфа, что в Печорском море в раннем–среднем неоплейстоцене бесспорно существовали ледники, поскольку рядом скважин были вскрыты моренные отложения, перекрывающиеся морскими микулинскими осадками [Тарасов, 1998].

Хотя первые представления о ледниковых отложениях Баренцева моря опирались на прямые данные, полученные в результате геологического пробоотбора [Кленова, 1960; Дибнер, 1968], основная информация о них в настоящее время опирается на сейсмоакустические материалы, а также на скважины инженерно-геологического бурения. В результате более чем полувекового опыта проведения НСП на западно-арктическом шельфе, где в первую очередь

следует отметить МАГЭ и АМИГЭ, были разработаны различные схемы сейсмогеологического расчленения четвертичных отложений баренцевоморского шельфа. Большинство из них основано на представлениях о пластовом характере залегания толщ рыхлых осадков, выделения региональных перерывов и соответствующих протяженных отражающих горизонтов, связанных с колебаниями уровня моря. Различные схемы, составленные Р.Б. Крапивнером [Крапивнер, Гриценко, 1988], Ю.Г. Самойловичем [Самойлович и др., 1993], Е.Е. Мусатовым [1989] и другими авторами, содержат разное количество подразделений, которые охватывают практически весь интервал четвертичного времени.

Однако, предположительно древние отложения (от эоплейстоцена до среднего неоплейстоцена) приурочены обычно к различным палеоврезам (рис. 1.2.6), целые серии которых показаны на различных листах государственных геологических карт четвертичных отложений [Государственная ..., 2008].

В большей части представленных сейсмогеологических схем в верхней части разреза выделяются от двух [Эпштейн и др., 1983], трех [Самойлович и др., 1993], до пяти [Крапивнер, Гриценко, 1988] и более ССК, которые имеют площадное распространение и формируют четвертичный покров, хотя их возрастная датировка колеблется от нижнего (иногда

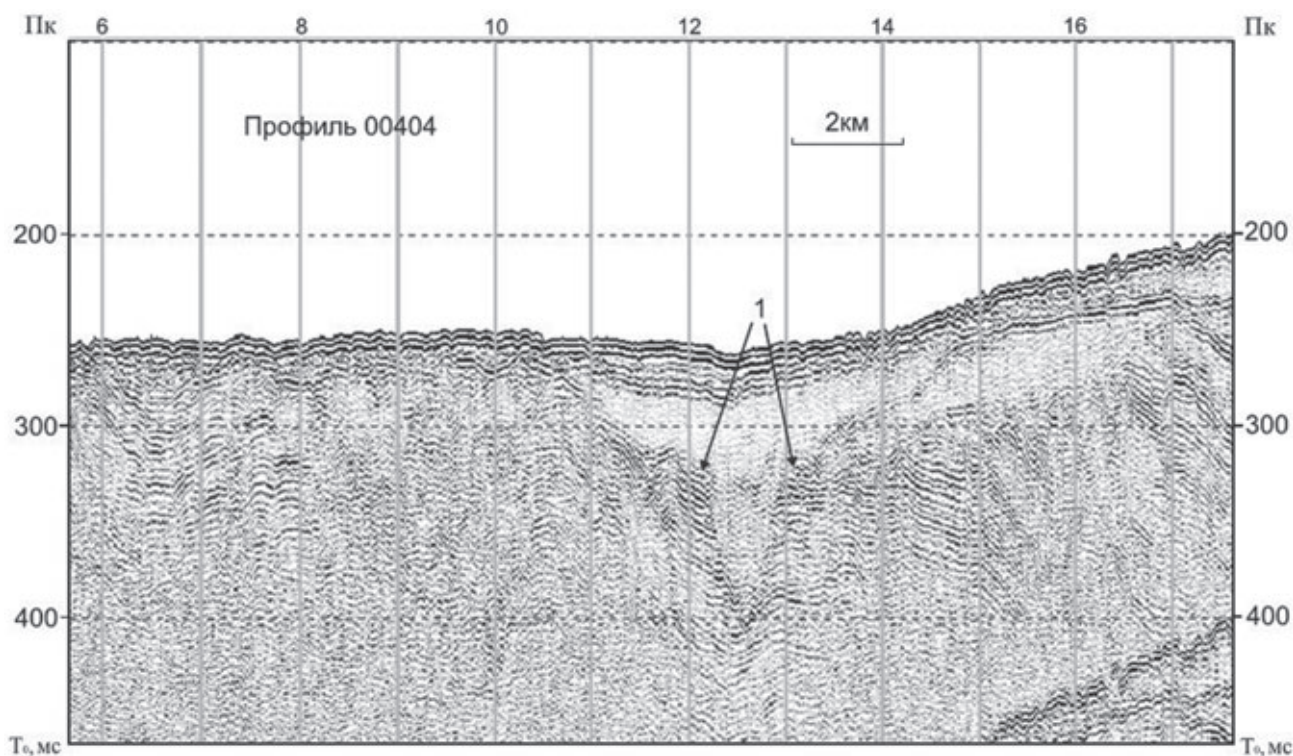


Рис. 1.2.6. Фрагмент сейсмоакустического профиля. Верхнеплиоцен–эоплейстоценовый палеоврез. 1 – одноуровневые речные террасы (интерпретация Д.А. Костиной) [Государственная..., 2008]

и древнее) до верхнего неоплейстоцена и голоцена. При этом большинство авторов сходится в том, что площадной покров рыхлых отложений в западной части Баренцева моря характеризуется переменной, часто небольшой мощностью и имеет трехчленное строение: нижне-средне-неоплейстоценовый, верхнеоплейстоценовый и голоценовый ярусы.

В качестве примера можно привести типовой сейсморазрез четвертичных отложений баренцево-морского шельфа (без Печорского моря) по данным О.Г. Эпштейна и А.В. Старовойтова, который они представили в 2014 году [Эпштейн и др., 2014]. Он сложен преимущественно отложениями последнего гляциоседиментационного цикла, представленного мореной второй стадии валдайского оледенения (4, 5), ледниково-морскими верхнеоплейстоценовыми (2) и морскими нефелоидными голоценовыми (1) отложениями. Эти горизонты обычно разделяются горизонтами размыва, гораздо реже контакт между ними согласный. Так, не на всех разрезах НСП удастся разделить гляциоморские и морские отложения, что получается гораздо лучше на высокочастотных геолокационных профилях. Принципиальная схема строения четвертичного покрова приведена этими авторами на рис. 1.2.7.

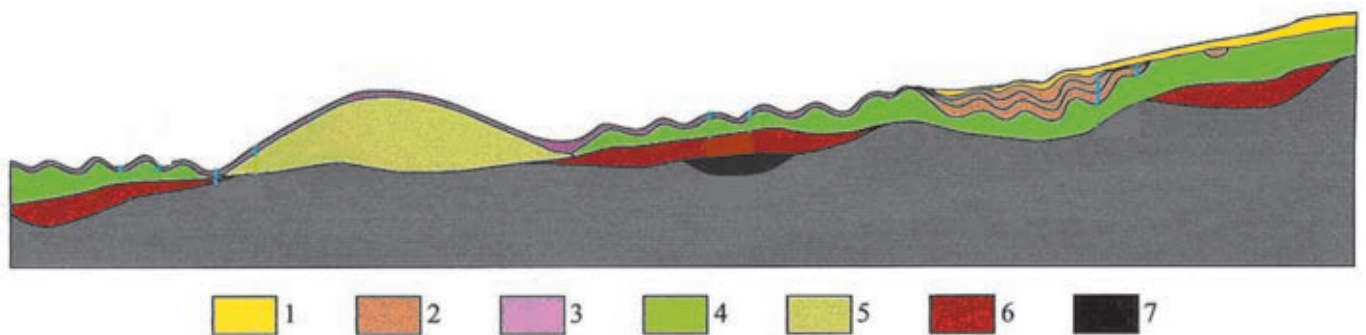
Из данного рисунка видно, что авторы считают отложения в погребенных депрессиях тоже ледниковыми (6, 7), но только более древних оледенений. На наш взгляд это очень дискуссионная точка зрения, практически не имеющая геологического подтверждения.

Для нас представляет наибольший интерес генетическая интерпретация подразделений 4 и 5, под которыми понимаются ледниковые образования последней (валдайской) стадии оледенения. Так, за-

легающий в основании четвертичного разреза на открытых участках баренцево-морского шельфа ССК III, представленный двумя геоморфологическими формами – аккумулятивными грядами и покровными формами, характеризуется «хаотической» неоднородной записью с многочисленными внутренними отражающими горизонтами, что характерно для ледниковых образований [Девдариани и др., 1993]. С этим связаны и достаточно высокие скорости распространения звука в ледниковых отложениях, достигающие 1800–1900 м/с [Длугач, 1995]. По гранулометрическому составу это типичные диактомиты или песчано-глинистые алевриты. Они характеризуются повышенной плотностью и содержат дресвяные или щебнистые обломки.

Определить генезис покровных образований по сейсмическим данным довольно сложно, т.к. «хаотическая» текстура может быть не только в ледниковых отложениях (морене). Однако само залегание с неровной грядовой формой достаточно четко указывает на неводный характер отложения этих образований.

Другим типом ледниковых образований, по мнению С.Г. Эпштейна и А.В. Старовойтова, являются очень однородные по акустическим признакам отложения, слагающие положительные формы рельефа, абсолютно прозрачные для сейсмических сигналов. Они известны достаточно давно, выделялись разными авторами под названием «прозрачная толща» и слагают огромные тела площадью до десятков тысяч квадратных километров и мощностью до 50–70 м [Эпштейн и др., 2011а, б]. Эти аккумулятивные образования указанные авторы относят к так называемым «мягким моренам», формирующимся при большом участии талых вод и преобладающем тонкозернистом составе обломочного материала.



**Рис. 1.2.7.** Принципиальная схема строения четвертичного покрова восточной части Баренцева моря с изменениями [Эпштейн и др., 2014].

Сейсмостратиграфические комплексы чехла четвертичных отложений: 1-ССК I: морские голоценовые осадки; 2 – ССК II: ледниково-морские неоплейстоценовые отложения; 3 – ССК II-I: неоплейстоценовые и голоценовые осадки, нерасчлененные; 4, 5 – ССК III: верхневалдайский ледниковый комплекс; 4 – СФ III – С: основная и шельфовая морены; 5 – СФ III-П: грядообразные скопления морен; 6 – ССК V: основная морена нижневалдайского возраста; 7 – ССК VI: московская морена

Именно их А.В. Старовойтов выделял в Центральной впадине Баренцева моря как свидетельство полного оледенения баренцевоморского шельфа (рис. 1.2.8). В качестве доказательств он приводит установленную по анализу сейсмограмм дислоцированность ледниковых («хаотических») отложений по краям Центральной впадины как свидетельство движения ледников по ее дну.

Располагающийся выше сейсмостратиграфический комплекс (не всегда присутствующий на сейсмопрофилях) выделяется на сейсмограммах по светлому тону записи и сложен преимущественно глинистыми отложениями, а также пачками моренных диамиктонов (ССКII, рис. 1.2.7). Наиболее верхний ССК характеризуется слоистой, пунктирной и другими схожими типами записи. Он представлен мягкими глинистыми осадками зеленовато-серого цвета, часто с гидротроилитом, которые содержат обломки раковин морских моллюсков и многочисленные фораминиферы. Практически всеми исследователями он трактуется как морские голоценовые нефелоидные отложения. При этом надо иметь в виду, что верхний ССК далеко не всегда присутствует на сейсмограммах, т.к. при стандартной для НСП частоте излучения 1000–1200 Гц мощность этого слоя меньше, чем разрешающая способность аппаратуры. Это подтверждает факт резко сокращенных площадей современных осадков на дне Баренцева моря, где значительные площади сложены затопленными в ходе голоценовой гляциоэвстатической трансгрессии более древними четвертичными отложениями и даже коренными породами, что четко отражено на карте мощности голоценовых отложений, опубликованной в 2011 году Д.А. Костиным и Г.А. Тарасовым [Костин, Тарасов, 2011], а также на «Карте четвертичных отложений территории Российской Федерации» (масштаба 1:2 500 000) 2010 года издания [Застрожных и др., 2011].

Генезис описанных выше осадков является предметом дискуссии. Так, формирование отложений ССК-I и ССК-II (рис. 1.2.7) рядом авторов и, прежде всего, Р.Б. Крапивневым связывается с осадконакоплением в условиях сильно ледовитых морей, а прямая корреляция с четвертичными отложениями Печорской низменности служит основанием для отнесения их к различным горизонтам неоплейстоцена [Крапивнер, 2017; Крапивнер, Гриценко, 1988]. Однако многие авторы приводят убедительные доказательства в пользу присутствия ледниковых образований на баренцевоморском шельфе, тем более что реальные ледники сохранились на арктических архипелагах, а вокруг них развиты также подробно описанные зоны накопления ледниково-морских осадков [Левитан и др., 2007; Павлидис и др., 2005].

Наиболее полный материал по гляциоморфогенезу баренцевоморского шельфа до сих пор приведен в монографиях Г.Г. Матишова [1984, 1987]. Анализ огромного количества эхограмм рыболовецких судов и сейсмограмм позволил ему составить детальную карту морфоскульптур, непосредственно связанных с проникновением ледников с суши (Скандинавского полуострова и арктических островов) в Баренцево море (рис. 1.2.1). При этом им были показаны и локальные центры оледенения на баренцевоморском шельфе, располагавшиеся на поднятиях, в частности на Центральной возвышенности. Впоследствии наличие ледниковых отложений здесь были подтверждены работами ВСЕГЕИ [Федоров, 1992]. Ледниковый генезис описываемых отложений был подтвержден данными анализа скважин инженерно-геологического бурения, проводившегося в рамках изысканий на газово-нефтяных объектах. О.Г. Эпштейн и В.Н. Гауллиан установили, что контакт между толщей диамиктитов или базального ССК с подстилающими коренными породами осложнен гляциотектоническими текстурами, формирование которых связано

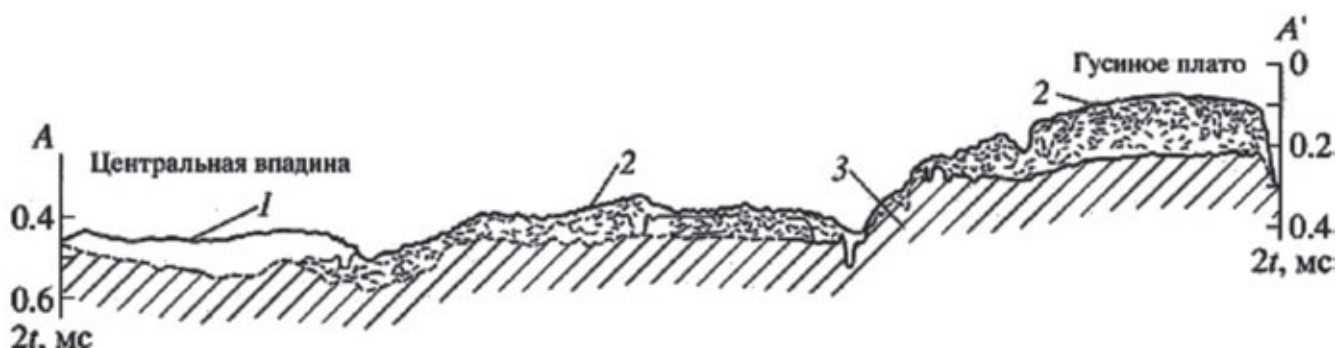


Рис. 1.2.8. Сейсмогеологический разрез от Гусиной банки до Центральной впадины Баренцева моря [Старовойтов, 1999]  
1 – «прозрачная» толща, 2 – «хаотический» (ледниковый) комплекс, 3 – коренные отложения

с ледниковой экзарацией поверхности коренных пород [Эпштейн и др., 1983].

Работы Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и, прежде всего, Ю.А. Павлидиса с соавторами подтвердили ледниковый генезис валов не только вокруг Новой Земли и Земли Франца Иосифа, но и позволили выделить ледниковые отложения на поднятии Персея. Принципиально важным было установление факта, что в позднем неоплейстоцене, да и в течение всего четвертичного периода, Южно-Баренцевоморская впадина (ЮБВ), представляла собой область непрерывной аккумуляции морских и ледово-морских отложений. Этот вывод основывался в том числе и на данных бурения, проведенного НПО «Союзморинжгеология» с борта Б/С «Бавенит». Так, в скважине № 183 (АМИГЭ), пройденной на восточной окраине ЮБВ, был получен полный разрез, начиная с плиоцена и до голоцена, который представлял чередование слоев морского и ледово- (ледниково-АР) морского генезиса общей длиной 126 м [Тарасов и др., 2000; Самойлович и др., 1993; Павлидис и др., 2005]. В предложенной ими палеогеографической схеме отчетливо выделяются свободные от ледников центральная и юго-восточная части Баренцева моря (рис. 1.2.9).

Схема, предусматривающая выдвигание ледников с суши на баренцевоморский шельф, в настоящее время в нашей стране является одной из наиболее распространенных и ее начинают поддерживать, как мы уже отмечали ранее, даже исследователи, стоящие

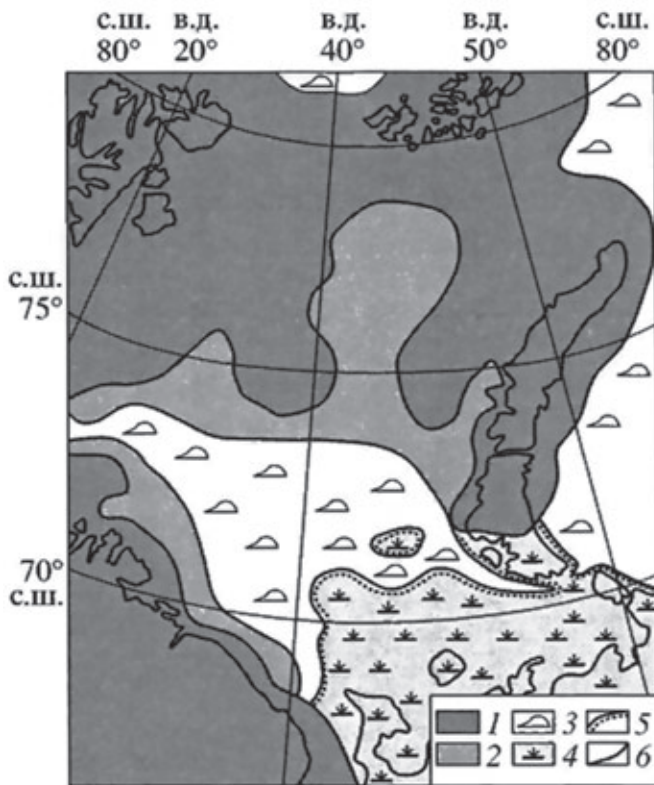
ранее на крайних антигляциалистских позициях. Так, при картировании дна Баренцева моря у Новой Земли Е.А. Гусев и П.В. Рекант выделяют несколько генераций ледниковых гряд, отражающих экспансию ледникового щита архипелага на прилежащую часть шельфа [Рекант и др., 2017; Гусев и др., 2012]. Положение этих гряд приведено на рис. 1.2.10. Сами авторы пишут: «В рамках проекта по составлению листов S-39,40 Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 на шельфе морей Баренцева и Карского вокруг Новой Земли нами закартированы моренные гряды. Используются сейсмоакустические профили, полученные МАГЭ в 2015–2016 гг., материалы соседних листов Госгеолкарты – 1000, данные инженерно-геологического бурения и донного пробоотбора и другие опубликованные данные. Краевые ледниковые формы выделялись на сейсмоакустических разрезах по комплексу признаков – по акустически прозрачной, осветленной или хаотической записи. Морены, как правило, образуют положительные формы донного рельефа (холмы и гряды) с ровной подошвой и пилообразной кровлей. Они перекрыты морскими осадками разного возраста, что позволяет более или менее уверенно провести их относительное датирование – более древние – более молодые» [Рекант и др., 2017].

Отложения второй ССП по характеру записи и геологическому положению совпадают с базальным сейсмостратиграфическим комплексом Р.Б. Крапивнера [Крапивнер и др., 1986], Ю.Г. Самойловича [Самойлович и др., 1993], Д.А. Костина и Г.А. Тарасова [Костин, Тарасов, 2011] и др. и отличаются типичной «нерегулярной» записью, ровной подошвой, часто пилообразной кровлей и формируют тела сложной, часто валообразной формы (гряды с относительной высотой до 15–55 м).

Непрерывное распространение II СП прослежено до глубины моря 180–200 м, а валообразные тела преимущественно связаны с глубинами 80–150 м. Они ориентированы вдоль берега и образуют слабо выраженную дугу, изогнутую в сторону Маточкина Шара. Здесь при проведении работ МАГЭ была установлена очень крупная краевая моренная двухвершинная гряда с относительной высотой над окружающим дном почти 100 м [Эпштейн и др., 2019]. При этом на суше большинство крупных ледниковых гряд обычно не превышают 50–56 м.

**Рис. 1.2.9.** Палеогеографическая схема Баренцева моря в период максимального позднеюрмского (поздневалдайского) оледенения [Павлидис и др., 2005].

1 – покровные ледники, 2 – шельфовые ледники, 3 – поверхность моря, покрытая многолетними ледниками с айсбергами, 4 – поверхность суши с тундровым ландшафтом, 5 – береговая линия около 18 тыс. л. н., 6 – современная береговая линия





**Рис. 1.2.10.** Положение разновозрастных морен на Новоземельском шельфе по данным П.В. Реканта и Е.А. Гусева [Рекант и др., 2017].

Точками показаны использованные сейсмоакустические профили

Перекрывающая их сейсморазрезка представлена «прозрачными» и «слоистыми» осадками, имеющими мощность 5–10 м (более 50 м в отдельных депрессиях) и полностью идентична сеймостратиграфическим единицам других авторов, включающих в ее состав ледниково-морские и морские голоценовые нефеловидные отложения.

Генезис данных отложений принимался авторами как ледниковый, как исходя из геоморфологических

предпосылок [Матишов, 1984], так и по прямым данным, которые были получены в буровых скважинах АМИГЭ в советский период исследования. В частности О.Г. Эпштейн и В.Н. Гатауллин [Эпштейн, Гатауллин, 1993] дали подробное литологическое описание ледниковых отложений, которые убедительно показывают их не водное происхождение.

Проведенные ВСЕГЕИ в 1974–1989 гг. комплексные геологические работы по изучению четвертич-

ных отложений показали, что их строение на огромной площади Баренцева моря хотя и существенно различается из-за принадлежности к различным центрам оледенений, но в целом может быть уложено в рамки трехчленного цикла, состоящего из ледниковых – ледниково-морских – морских образований [Спиридонов и др., 1992; Рыбалко, 2006]. Было показано, что ледниковые гряды вокруг Северного острова Новой Земли приурочены к резкому перегибу доледникового рельефа на глубинах около 150 м, который может быть сопоставлен с бровкой островного шельфа этого архипелага. В этом случае ледниковые отложения на приноземельской платформе представляли континентальные фации, а моренные отложения в глубоководной части баренцевоморского шельфа формировались уже под шельфовыми ледниками или в ледовитом море. Сами гряды были сформированы за счет обломочного материала, по-

ступавшего из подледной части ледника (так называемые морены прилегания) (рис. 1.2.11).

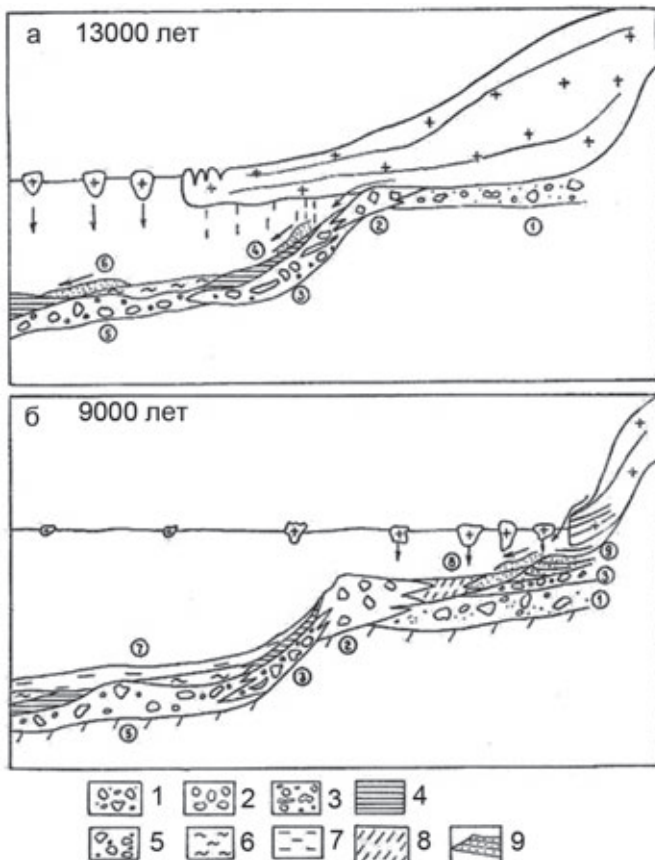
Ледниковые образования перекрываются фациально разнообразными осадками:

- плотными глинистыми алевритами темно-серого цвета с неоднородной, местами слоистой текстурой;
- глинами и алевроглинами серого цвета, слабо-песчанистыми, с постоянной примесью дресвы и гравия;
- глинистыми песками, обогащенными большим количеством глиняных катунов;
- переслаиванием глинистых песков и тонкослойчатых глин.

Все указанные фациальные разновидности имеют ледниково-морской генезис, а различие структурно-текстурных характеристик связано с положением относительно края ледника [Рыбалко, 2006].

Ледниково-морские осадки в глубоководной части Баренцева моря перекрыты так называемыми «палевыми глинами», которые развиты во всей северо-восточной части моря и маркируют границу между поздне- и послеледниковыми отложениями. Характерной их чертой является неоднородность окраски, очень тонкий гранулометрический состав и почти полное отсутствие органических остатков. Мощность крайне мала и составляет первые сантиметры. Выше их во впадинах залегают мягкие алевропелиты, пелиты, глинистые алевриты и алевриты со стяжениями гидротроилита и раковинами морских моллюсков. Внешний облик, наличие фауны морских моллюсков и фораминифер – все это, безусловно, говорит о морском генезисе описываемых осадков. На сейсмограммах данные отложения коррелируются с образованиями верхнего ССК, который практически всеми исследователями сопоставляется с голоценовыми морскими отложениями, занимающими на баренцевоморском шельфе ограниченные площади в наиболее глубоких депрессиях.

Стратиграфическая привязка выделенных литокомплексов осуществлялась на основании палинологических, микрофаунистических, палеомагнитных исследований и радиоуглеродных датировок. Данные спорово-пыльцевого анализа позволили установить, что смена ледниково-морского режима морским на глубинах более 200 м произошла в пребореале, на ранних этапах которого и отлагались «палевые» глины. Ледниково-морское накопление перед фронтом ледника существовало уже в аллереде [Спиридонов и др., 1992]. Кроме того, в кернах донных колонок В.В. Кочегура установил две аномальные зоны намагниченности. Первый экскурс был выделен в ледниковых отложениях и сопоставлен с экскурсом Гетеборг (12–13 тыс. л. н.), что позволило датировать время



**Рис. 1.2.11.** Схема палеогеографического развития Новоземельского шельфа в позднем неоплейстоцене (А) и раннем голоцене (Б) [Спиридонов и др., 1992].

1 – основная морена, 2 – морена линии налегания, шельфовая морена, 4 – гляциотурбидитовые отложения, 5 – парагляциальные отложения глубоководной зоны, 6 – ледниково-морские отложения, формирующиеся у края шельфового ледника, 7 – морские отложения, 8 – дистальные (айсберговые) ледниково-морские отложения, 9 – конусы выноса ледниковых отложений

формирования краевого комплекса западно-новоземельского шельфа как беллинг [Кочегура, 1992; Спиридонов и др., 1992]. Второй экскурс выявлен в осадках 1 и 2 литокомплексов. Приуроченность его к отложениям явно голоценового возраста позволяет сопоставить его с ранее выделенным для отложений Онежского залива Белого моря палеомагнитным событием Этрурия с возрастом 2800–3000 лет [Кочегура, Русинов, 1987].

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И СОВРЕМЕННОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА

Таким образом, приведенные данные достаточно убедительно свидетельствуют о том, что в позднем неоплейстоцене ледниковые отложения на дне Баренцева моря присутствуют вдоль западного побережья Новой Земли, вокруг и внутри архипелага Земли Франца Иосифа, вдоль Кольского полуострова, по крайней мере, до Мурманской банки, на Центральной возвышенности и, по данным Норвежских исследователей, вокруг и внутри островов архипелага Шпицберген [Everhoi, 1984]. По данным МАГЭ ледниковые отложения также закартированы в прираводовых участках возвышенностей Персея, Северо-Восточного плато, плато Виктория [Костин, Тарасов, 2011]. Отмечаются и другие участки дна Баренцева моря, где были выделены ледниковые отложения, но все они связаны с относительными мелководьями. В большинстве случаев речь идет о континентальной фазе этих отложений, которые сформировались, когда ложе ледника располагалось непосредственно на поверхности современного морского дна. Сами ледниковые отложения могут рассматриваться как

затопленные после отступления ледника в сторону берега, где он и сохранился на архипелагах. В глубоководной части убедительные доказательства формирования этих отложений практически отсутствуют, а выделяемые ледниковые или ледниково-водные формы могли формироваться в воде под покровом либо шельфового ледника, либо покрова паковых льдов, которые в зимний период, несомненно, формировали на акватории сплошной, гетерогенный по генезису ледовый покров. Так, в одной из последних на эту тему статей [Гусев и др., 2012] в желобе Святой Анны выделил хорошо выраженные в рельефе положительные «караваеобразные» аккумулятивные тела с выпуклой кровлей мощностью от 0 до 70 м (рис. 1.2.12). Эти тела, акустически прозрачные или полупрозрачные без четко выраженных внутренних рефлекторов, авторы (вслед за Ю.А. Павлидисом с соавторами [Павлидис и др., 2005]) отнесли к ледниково-морским образованиям, которые могли накапливаться перед фронтом континентального ледника за счет выносимого из-под него «ледникового молока». Комплекс ледниково-морских отложений непосредственно перекрывает поверхность ледниковых образований поздневалдайского и средне-поздне-неоплейстоценового возраста, а также залегает на размытой кровле мезозойских отложений.

Сами описываемые тела сложены по данным геолого-съёмочных работ преимущественно пелитовыми и алевритопелитовыми осадками серого цвета с редкими крупными угловатыми плохо окатанными обломками более древних пород [Государственная..., 2006]. Верхняя часть отложений, слагающих эти тела, по данным радиоуглеродного анализа имеет возраст 9560 лет [Левитан, Кукина, 2002]. Это указывает на

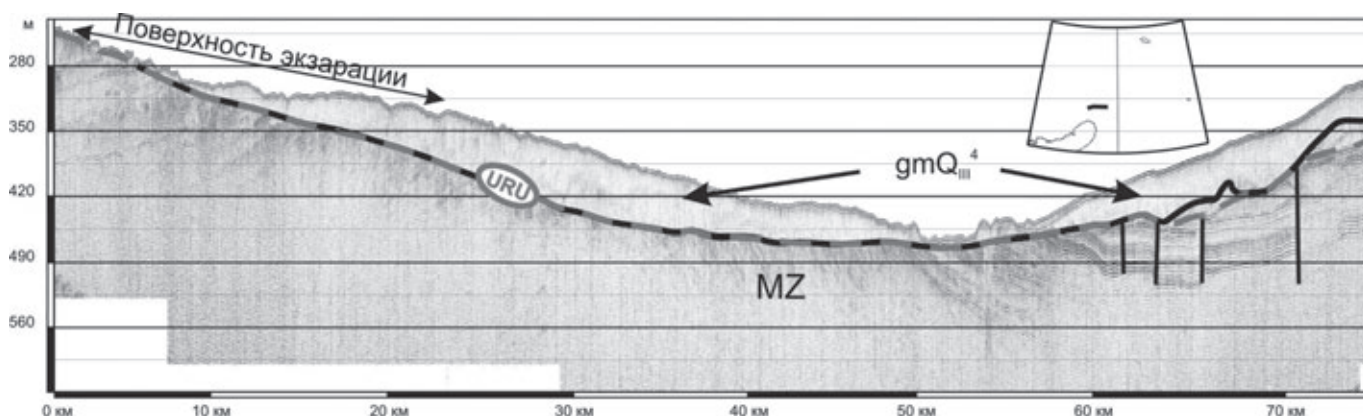


Рис. 1.2.12. Фрагмент сейсмоакустического профиля «Гидролог-2003-s11» южной части желоба Св. Анны.

Аккумулятивные «караваеобразные» тела сложены ледниково-морскими отложениями позднего Валдая, развиты на склонах желоба и отсутствуют в верхней части склона (слева), а также в тальвеге желоба Св. Анны (в центре). URU – верхнее региональное угловое несогласие (Upper Regional Unconformity – URU) в подошве покрова четвертичных отложений; gm Q<sub>III</sub><sup>4</sup> – ледниково-морские отложения верхневалдайского возраста [Гусев и др., 2012]



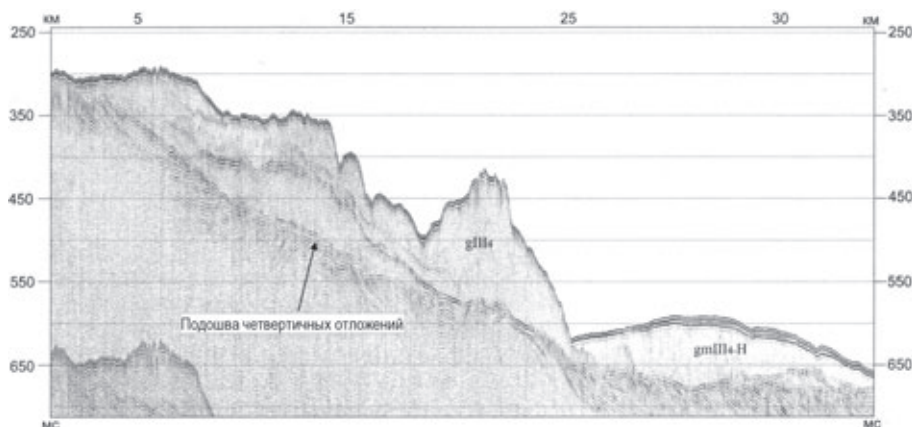
то, что уже в самом конце неоплейстоцена к северу от Новой Земли существовали открытые водные пространства (пусть даже под шельфовыми ледниками). При этом край ледникового щита располагался к югу, ближе к северной оконечности Северного острова архипелага Новая Земля, а на поднятиях вокруг острова, таких как плато Литке, терраса Геркулеса, Новоземельское поднятие и Северо-Сибирский порог существовали локальные или даже шельфовые ледники, так как дно в пределах этих поднятий испещрено следами подводной экзарации. По данным геологического картирования, а именно сейсмоакустического профилирования, выявлена четкая сейсмофациальная зональность: с внешней, более глубоководной части ледниковых гряд, сложенных отложениями с «хаотической» неупорядоченной внутренней структурой без протяженных отражающих рефлекторов, располагаются вышеупомянутые караваеобразные тела, сложенные «прозрачными» и «полупрозрачными» осадками (рис. 1.2.13).

По мере удаления от фронта ледника характер ледниково-морских осадков становится другим [Костин, Тарасов, 2011]. Они формируют тела заполнения, облегания и покровы. Их характерной чертой, что лучше выявляется на высоких частотах, является тонкая, почти ритмичная запись, связанная с пульсационным таянием ледниковых массивов. Таким образом, мористее края ледников, залегающих непосредственно на поверхности коренных пород, ледниково-морские отложения, вероятно, формировались в виде своеобразных приледниковых водоемов, заполняя их мощным чехлом обломочного материала. При окончательной дегляциации в результате инверсии эти отложения и формировали положительные формы рельефа. А далее в море, где ледниковый покров уже отсутствовал, материалы таяния ледников

выполняли депрессионные формы рельефа, как это и полагается при нормальном осадочном процессе. Но вот поступление этого материала было пульсационным и отражало условия таяния ледникового покрова. При этом деградация ледникового щита и его постепенное отступление приводили к тому, что интенсивность поступления продуктов ледникового генезиса уменьшалась, что приводило к постепенному снижению его доли в формировании осадка, а также к утонению самого обломочного материала. Именно это обстоятельство играет решающую роль в «трансгрессивном» характере большинства разрезов ледниково-морских осадков, отражающемся как в снижении мощности парных слоев так и в постепенном исчезновении слоистости как таковой. Собственно последнее и должно быть положено в основу оконтуривания зоны ледниково-морского осадконакопления и проведения границы между зонами морского и ледниково-морского седиментогенеза. При этом дробстоны в донных осадках могут встречаться и южнее и не являются абсолютными признаками ледниково-морского осадконакопления, как это иногда постулируется. В современных условиях влияние тающих айсбергов на донные осадки может ощущаться, как известно, до 30° в обоих полушариях Земли. Но наличие отдельных включений валунов и гальки в морские осадки никак не может влиять на основной тип седиментации, в данном случае океанической или морской.

Таким образом, большинство публикаций указывает на то, что в центральных частях Баренцева шельфа ледник не касался дна, а следовательно, мощного щита, центр которого располагался в середине современного Баренцева моря, как это следует из реконструкций М.Г. Гросвальда [Гросвальд, 1999], не существовало. Найденные по данным сейсмоакустического профилирования

на дне Центральной впадины Баренцева моря крупные куполовидные формы мощностью до 50–70 м, которые в последнее время О.Г. Општейн с соавторами относит к так называемым М-моренам (мягким моренам) [Эпштейн и др., 2019], все же не могут сопоставляться с базальными формами накопления ледникового материала. Скорее, они являются водно-ледниковыми образованиями (в понимании Е.В. Рухиной) [1973], формирующимися под покровом шельфовых ледников или



**Рис. 1.2.13.** Фрагмент сейсмоакустического профиля. Северный склон архипелага Новая Земля. Соотношение верхневалдайских ледниковых и ледниково-морских осадков [Костин, Тарасов, 2011]

паковых льдов. Однородный песчаный или супесчаный материал является причиной прозрачности их на сейсмограммах. Целый ряд реконструкций в настоящее время указывает, что в период максимального развития Новоземельский и Скандинавский ледники смыкались в единое целое [Эпштейн и др., 2019]. Вопрос заключается в том, что и как именно смыкалось. Отсутствие в наиболее глубоководных участках Баренцева моря надежно диагностируемых отложений основной морены позволяет считать, что это слияние происходило либо за счет формирования в центре рассматриваемого морского бассейна мощного покрова плавучих льдов, либо смыкания краев шельфовых ледников. В любом случае, в пределах таких форм рельефа, как Центральная впадина Баренцева моря, подошва ледниковых отложений не достигала морского дна. Косвенным свидетельством этому является наличие огромного количества ледниковых борозд выпаживания, установленных в настоящее время в районе месторождения Штокмановское, что может быть связано только с деятельностью айсбергов.

Последнее, на чем хотелось кратко остановиться – это наличие мерзлых современных грунтов в Баренцевом море. В настоящее время большинство исследователей считают, что наличие многолетних мерзлых пород (ММП) в разрезе четвертичных отложений на шельфе связано с первичным промерзанием осадочной толщи во время последней неоплейстоценовой регрессии. Классическим примером является восточно-арктический шельф, который полностью осушался в это время. На западно-арктическом (баренцевоморском) шельфе ситуация была другой. Как было показано выше, даже в период максимальной регрессии, которая оценивается по разным источникам от 75 м до 100–120 м [Морозова, 1985], наиболее глубоководные части Баренцева моря были покрыты водной толщей, прямое континентальное промерзание здесь отсутствовало. Но и на мелководьях также не было прямого воздействия арктического холодного воздуха на поверхностные рыхлые осадки, перекрытые ледником (который частично и снес эти самые рыхлые отложения). Условия, близкие к восточно-арктическому шельфу, существовали только

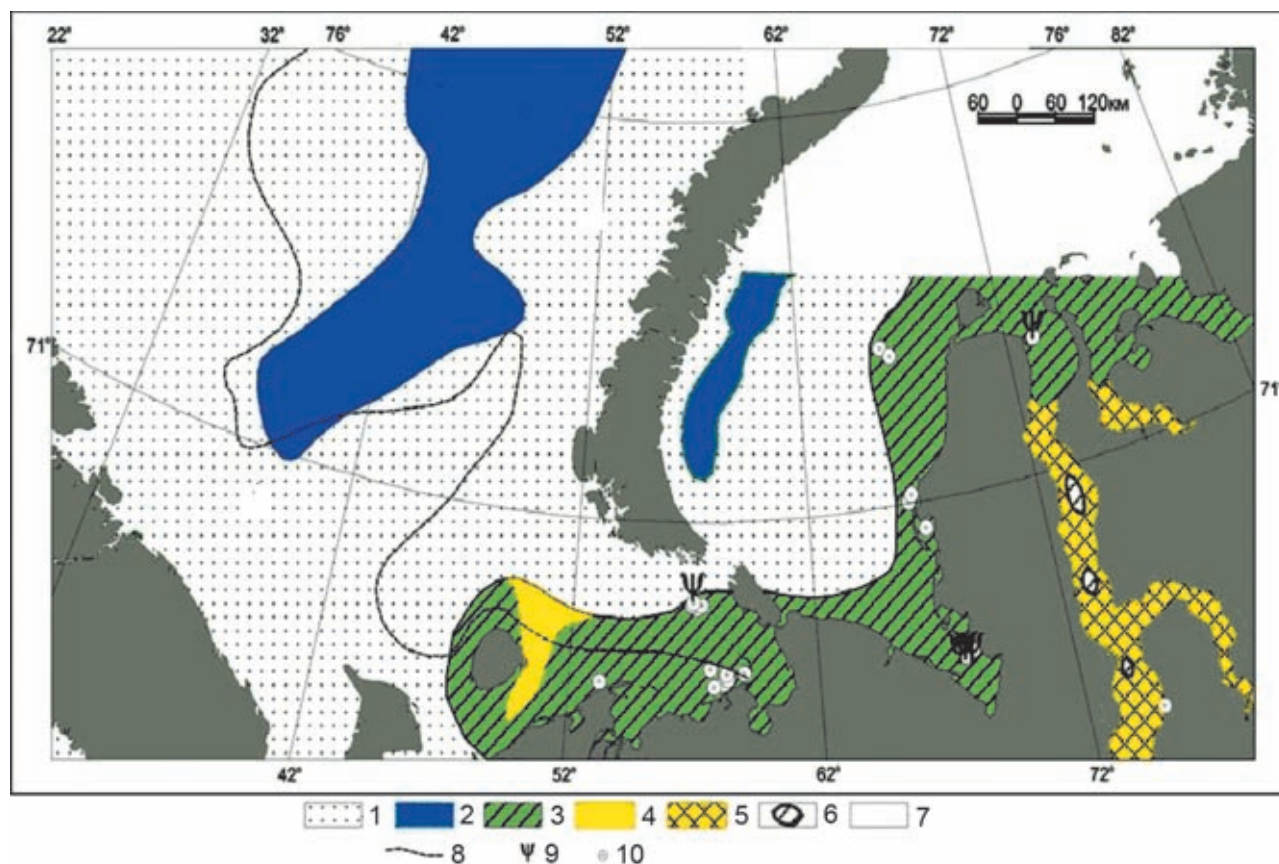


Рис. 1.2.14. Карта распространения ММП западно-арктического шельфа РФ (по данным АМИГЭ [Локтев, 2013]).

1 – немерзлый грунт; 2 – зона теоретической стабильности газогидратов; 3 – ММП; 4 – талая зона; 5 – талик в Обской губе; 6 – зона потери корреляции (отсутствия отражающих границ); 7 – зона отсутствия сейсмоакустических данных; 8 – изотерма 0°C; 9 – газ и диапир; 10 – скважина, вскрывшая мерзлый разрез

в Печорском море, где и были выявлены пластовые льды в разрезах скважин (рис. 1.2.14) [Локтев, 2013; Рокос и др., 2009]. В работе С.Н. Куликова и С.И. Рокоса приведены многочисленные скважины на баренцевоморском шельфе, в которых не встречены мерзлые породы [Куликов, Рокос, 2017]. Не обнаружены они и на многочисленных сейсмопрофилях, выполненных на баренцевоморском шельфе различными организациями.

Практически на половине баренцевоморского шельфа в настоящее время в придонном слое существуют отрицательные температуры до  $-2...-3^{\circ}$ , что делает практически возможным кратковременное примерзание жидких поверхностных грунтов. Данные геологического прободобора не подтверждают этот тезис, но их недостаточно для полного отрицания данного предположения. Учитывая все это, на подготовленной в 2018 году «Геокриологической карте арктических морей Российской Федерации масштаба 1:5000000» (Иванова В.В., 2018, устное сообщение) в пределах Баренцевоморского шельфа локально показаны возможные проявления островной мерзлоты (в западной и северной части), а реликтовая мерзлота может быть встречена только в Печорском море. Этой же точки зрения придерживаются и авторы настоящей статьи. Укажем при этом, что высказанное в [Костин, Тарасов, 2011] предположение, что хаотический тип волновой картины присущ не только ледниковым отложениям, но может быть связан и с промерзанием отложений в субаэральной обстановке, не актуален для баренцевоморского шельфа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный выше подробный обзор современных представлений о возможном оледенении баренцевоморского шельфа в позднем неоплейстоцене, анализ сейсмоакустических материалов, полученных в последние годы при инженерно-геологических изысканиях, позволяют с большой долей вероятности утверждать, что в указанный временной период значительная часть современной акватории Баренцева моря находилась под покровным площадным оле-

денением. Начав развиваться на современной суше, в максимальную стадию ледники вышли на территорию шельфа и сформировали прерывистые и различающиеся по мощности покровы континентальных ледниковых отложений. Пределы их распространения определяются изобатами 100–150 м и обычно маркируются контурами моренных гряд, которые являются одной из главных особенностей морфоскульптуры Баренцева моря. Дальнейшее разрастание Скандинавского, Новоземельского и Островного (Земля Франца-Иосифа и Шпицберген) ледниковых покровов происходило за счет развития шельфовых ледников, породивших большое количество айсбергов, следы воздействия которых мы можем встречать даже на больших глубинах. Вопрос соединились ли эти шельфовые ледники в единый покров или между ними оставались участки сильно ледовитых морей с покровом паковых льдов в настоящее время не может быть решен однозначно. Но уже к концу неоплейстоценового времени (аллеред, молодой дриас) контуры ледового покрова сильно сократились за счет расширения открытого моря, в том числе и под влиянием пришедшего с запада теплого Северо-Атлантического течения. В этот период шельфовые ледники, возможно, существовали в непосредственной близости от островных архипелагов и, вероятно, отсутствовали вдоль северного побережья Кольского полуострова, т.к. Скандинавский ледник в это время уже отступил в пределы континента.

Решающую роль в развитии представлений об оледенении баренцевоморского шельфа сыграли методы сейсмоакустического профилирования, которые в условиях незначительного объема бурения, освещающего верхнюю часть геологического разреза шельфовых областей Баренцева моря, служат источником данных о площадном распространении ледниковых отложений и тесно связанных с ними ледниково-морских осадков, помогают в диагностировании различных форм ледниковых образований и позволяют моделировать палеогеографические события в рассматриваемый интервал геологической истории.