

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

На правах рукописи
УДК 551.793.9+551.332 (268.45)

КОСТИН
Дмитрий Алексеевич

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ,
СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЯ И УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА
БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Специальность 25.00.28 - океанология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Мурманск
2005

Работа выполнена в Арктической морской инженерно-геологической экспедиции (г. Мурманск) и Морской арктической геологоразведочной экспедиции (г. Мурманск)

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Тарасов Г.А.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Емельянов Е.М.
кандидат геолого-минералогических наук, снс
Погодина И.А.

Ведущая организация: Институт океанологии им.
П.П.Ширшова РАН

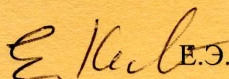
Защита состоится 5 октября 2005 г. в 11.00 час. на заседании специализированного Совета Д002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии Наук по адресу: 183010, Мурманск, ул. Владимирская, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ММБИ
КНЦ РАН

Автореферат разослан "03" сентября 2005 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета Д002.140.01

кандидат географических наук

 **Е.Э. Кириллова**

Введение

Актуальность работы определяется в первую очередь практическим отсутствием, несмотря на значительный объем накопленных к последнему времени геолого-геофизических данных, разработанных схем геологического строения и развития северо-восточной части шельфа Баренцева моря, в том числе в позднем кайнозое.

Несмотря на значительный объем информации, большая ее часть представлена геофизическими материалами, в частности сейсмоакустическим профилированием. Для изучения геологического строения региона, вследствие этого, требуется разработка сеймостратиграфических схем и изучение сейсмофациальных условий.

Актуальность работы определяется и интенсивным промышленным освоением российского севера и арктического шельфа, перспективных на нефть и газ. Открытые уникальные по запасам Штокмановское и Ледовое газоконденсатные месторождения, приуроченные к юрско-нижнемеловому этажу и ряд других месторождений в Баренцевом море, а также уникальные газоконденсатные Русановское и Ленинградское месторождения в нижнемеловых породах Карского моря подтверждают огромные запасы углеводородов (УВ) на Западно-Арктическом шельфе. Кайнозойский этап его развития хотя и не привел к формированию новых месторождений (за исключением вероятных скоплений УВ в проградационных лопастях материковых склонов и в периокеанических прогибах), оказал значительное влияние на сохранение и переформирование залежей. Поэтому исследование кайнозойского чехла геолого-геофизическими методами предоставляет, помимо информации о его инженерно-геологических свойствах, необходимой при бурении параметрических скважин, возведении трубопроводов и прочих сооружений, необходимые сведения по неотектоническому режиму региона и его нефтегазоносности.

Основная цель работы заключается в разработке сеймостратиграфической схемы для самой верхней части разреза осадочного чехла - четвертичных отложений, их типизации на основе сейсмофациального анализа, изучении геологического строения и условий формирования, восстановлении истории геологического развития северо-восточной части шельфа Баренцева моря в антропогене.

Основные задачи исследований. Исходя из поставленной цели в задачи диссертационной работы входило:

- выполнение сейсмостратиграфического анализа применительно к верхней (позднекайнозойской) части осадочного чехла с составлением сейсмостратиграфической схемы, расчленение разреза на сейсмостратиграфические комплексы и более мелкие сейсмоедициы с заверкой результатов материалами прямых геологических методов;

- сейсмофациальный анализ верхней части осадочного разреза, выделение характерных сейсмофаций;

- анализ мощностей четвертичных отложений;

- характеристика вещественного состава четвертичных отложений;

- определение условий формирования отложений;

- реконструкция истории геологического развития региона в антропогене на основе выполненных исследований.

Основные защищаемые положения. В качестве основных выводов на защиту выносятся следующие положения:

1. В границах южного шельфа ЗФИ выделяется две области с существенно различным типом седиментогенеза на протяжении антропогена. В южных и наиболее глубоководных районах преобладало в основном морское осадконакопление; вблизи архипелагов и в районах возвышенностей - ледниковое и ледниково-морское.

2. Анализ мощностей четвертичных отложений наряду с сейсмостратиграфическим анализом показывают, что на значительной части территории неоднократные оледенения, процессы их деградации и эвстатические колебания уровня моря оказали существенное влияние на перераспределение масс осадочного материала по площади.

3. В позднем валдае, во время последнего оледенения, ледниковые массивы арх. Шпицберген, ЗФИ, Новая Земля и ряда шельфовых возвышенностей были соединены посредством шельфовых ледников, располагающихся в границах желобов, и в значительной мере представляли собой малоподвижные ледниковые поля. Их геологическое воздействие на подстилающие образования было ограниченным и заключалось в незначительной экзарации ранее сформировавшихся отложений на отдельных участках, их перемещении (перераспределении мощности отложений), формировании перерыва в осадконакоплении и переуплотнении отложений. Более значительное воздействие на формирование как четвертичных отложений, так и рельефа морского дна было оказано потоками талых вод в период деградации ледниковых покровов.

Личный вклад автора и научная новизна исследований.

Данная работа является первым исследованием, в рамках которого обобщены сейсмоакустические материалы, выполненные разными организациями в северо-восточной части шельфа Баренцева моря. Впервые составлена и обоснована сейсмостратиграфическая схема разреза четвертичных отложений для этого района шельфа, установлены условия формирования отложений и восстановлена история геологического развития территории. Составлены карты мощностей четвертичных и голоценовых отложений и собственно геологическая карта четвертичных отложений.

При составлении работы широко привлекались материалы по сопредельной территории. Автором выполнена интерпретация десятков тысяч погонных километров материалов сейсмоакустического профилирования, задокументированы сотни грунтовых колонок в границах Западно-Арктического шельфа, в получении которых с 1983 г. он принимал непосредственное участие.

Непосредственно в основу диссертационной работы легли несколько тысяч погонных километров площадного сейсмоакустического профилирования, а также десятки грунтовых станций и инженерно-геологические скважины, выполненные как в ходе мелкомасштабной геологической съемки шельфа (ОАО МАГЭ) и инженерных изысканий (ОАО АМИГЭ), так и региональных исследований других организаций.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационной работы докладывались на российских и международных конференциях: на 9 и 10 Международных школах морской геологии (Москва, 1990, 1992), международном семинаре "Геология четвертичных отложений и новейшая тектоника ледниковых областей восточной Европы" (Апатиты, 1992), международных конференциях, проводимых ММБИ КНЦ РАН (Апатиты, 1998, 2001, 2003, 2005), международной конференции "Экология антропогена и современности: природа и человек" (Астрахань-Волгоград, 2004), четвертом всероссийском совещании по изучению четвертичного периода (Сыктывкар, 2005). Результаты исследований изложены в производственных отчетах, опубликованы в ряде статей и соответствующих разделах объяснительных записок к Государственной геологической карте Российской Федерации (лист R-(35)-37, 2000; лист

S-(36), 37, 2000; лист R-38-40, 2003; лист S-41-43, 2004; лист T-37-40, 2004).

Практическая значимость исследований определяется тем, что ее результаты могут способствовать рациональному планированию геологосъемочных работ и инженерно-геологических исследований на пока еще малоизученных участках Баренцева и Карского морей. Составленная сейсмостратиграфическая схема позднекайнозойских отложений может существенно повысить достоверность интерпретации сейсмоакустических материалов. Выполненные палеогеографические реконструкции необходимо учитывать при оценке перспектив территории на обнаружение залежей углеводородов.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы 104 страницы; диссертация содержит 38 рисунков. Список литературы включает 116 источников, из них - 13 на иностранных языках.

Благодарности. Автор глубоко благодарен за продолжительные и плодотворные споры, которые продолжались без малого 20 лет, своему другу и коллеге Евгению Евгеньевичу Мусатову. К сожалению, его уже нет и автор не сможет услышать от него взвешенную критику данной работы.

Автор признателен своим первым руководителям Скоробогатько А.В. и Мельницкому В.Е. за терпение и снисходительность, которые они неизменно проявляли, наставляя молодого еще специалиста.

Автор выражает благодарность коллегам, которые вместе с ним добывали фактический материал в полевых и анализировали его в камеральных условиях, составляли геологические отчеты и статьи, постоянно обмениваясь мнениями и идеями, предположениями - Кавуну М.М., Рокосу С.И., Малютину Ю.Д., Боголепову А.К., Маркиной Н.В., Шкарубо С.И., Куликову С.Н., Винтерхалтеру Б.

Автор признателен сотрудникам ВНИИОкеангеология Лопатину Б.Г., Зархидзе В.Е., Гусеву Е.А., Реканту П.В., Зинченко А.Г., с которыми сотрудничал на протяжении ряда лет.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю Тарасову Г.А. за критический разбор работы, помощь консультациями и советами.

Содержание работы

Глава 1. Общие сведения о районе исследований и современное состояние вопроса

Физико-географическая характеристика. Район исследований расположен в северо-восточной части Баренцева (рис.1). Его площадь составляет 497896 км². Рельеф морского дна весьма расчлененный - глубины моря колеблются от 50-100 до 500 и более м. В западной части площади листа расположена возвышенность Персея, а в юго-восточной - Адмиралтейская возвышенность и арх. Новая Земля, на северо-востоке арх. Земля Франца Иосифа (ЗФИ). Крупные формы рельефа морского дна наследуют глубинные тектонические структуры. Происхождение мелких форм рельефа дна в большинстве случаев связано с геологической историей четвертичного времени. Здесь можно предполагать наличие сложного комплекса морских и ледниковых денудационно-аккумулятивных процессов.

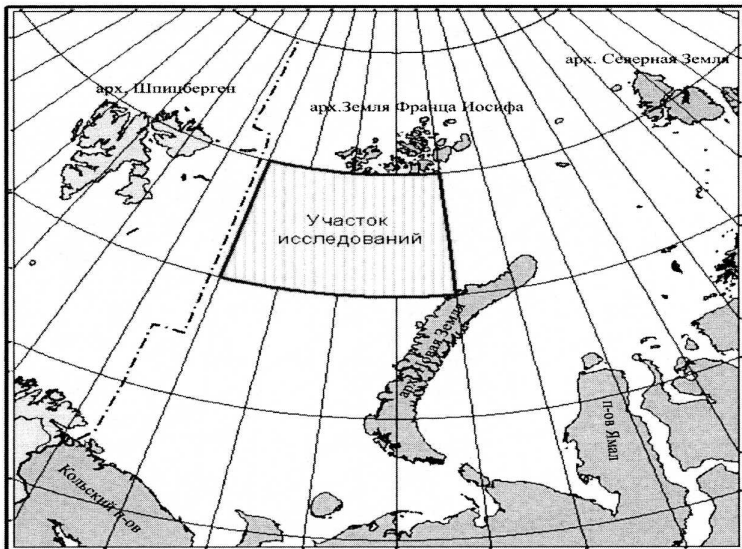


Рис.1 Схема расположения участка исследований

Район работ имеет полярный морской климат, характеризующийся продолжительным зимним периодом, коротким летом. Лды в районе работ преимущественно однолетние, местного происхождения. Толщина льда в апреле может достигать 120 см, при средней толщине 80-90 см. Многолетний лёд наблюдается преимущественно в северо-восточной части района исследований.

Геолого-геофизическая изученность. Приведены сведения о состоянии геолого-геофизической изученности региона исследований. Наиболее подробно охарактеризованы материалы непрерывного сейсмоакустического профилирования, грунтового опробования и инженерно-геологического бурения, поскольку в основном материалы именно этих работ использовались при проведении исследований (рис.2).

Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) и грунтовой пробоотбор были выполнены ОАО МАГЭ в 2001-2002 г.г. в ходе проведения геологической съемки шельфа масштаба 1:1 000 000 - всего около 6 800 пог. км НСП и 214 станций грунтового опробования.

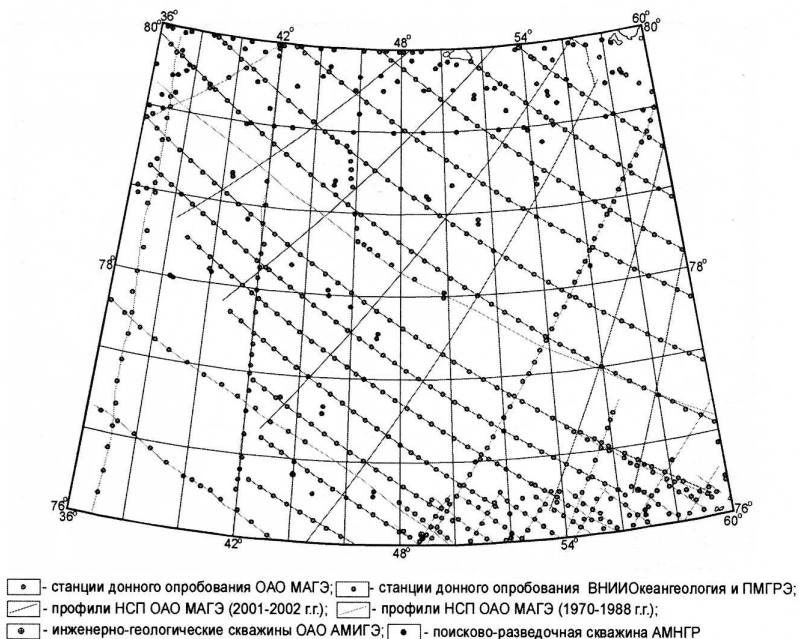


Рис. 2. Схема использованных материалов

Также на протяжении 80-х годов прошлого столетия ОАО МАГЭ в исследованном районе выполнила ряд региональных профилей. Кроме того, вблизи ЗФИ, в полосе от 79° до 80° с. ш., сейсмоакустическое профилирование и грунтовой пробоотбор проводила ПМГРЭ. Значительный объем сейсмоакустического профилирования и грунтового пробоотбора выполнялись в районе желоба Святой Анны и Новой Земли рядом научных организаций. Инженерно-геологическое изучение с бурением инженерно-геологических скважин на площадках Вернадская, Пахтусовская и Лунинская в юго-восточной части района исследований 90-х годах прошлого столетия под строительство нефтегазопромысловых скважин выполнялось ОАО АМИГЭ. Все перечисленные материалы использовались при выполнении настоящих исследований.

Общие сведения о геологическом строении региона. Район исследований находится в границах Баренцевской плиты. В целом регион представляет собой пояс окраинно-шельфовых поднятий, в сводах которых располагаются острова архипелагов Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа (Государственная геологическая карта..., 2004). На гетерогенном фундаменте залегает осадочный чехол протерозойско-кайнозойского возраста мощностью от 1 км на поднятиях до 16-18 км в прогибах. В его составе выделены два этажа. Нижний, доверхнепермский терригенно-карбонатный, состоит из двух структурно-формационных комплексов: доверхнедевонского терригенно-карбонатного и верхнедевонско - нижнепермского платформенного существенно карбонатного. Верхний этаж (бассейновый) сложен терригенными отложениями верхней перми - кайнозой. Четвертичные отложения, которые и являются, собственно, предметом изучения, с глубоким размывом и резким угловым несогласием прерывистым чехлом средней мощности около 20 м перекрывают все ниже залегающие отложения. Максимальные мощности характерны для областей распространения моренных отложений, слагающих гряды, отчетливо выраженные в современном рельефе морского дна и участков ледниково-морского осадконакопления в границах переуглубленных впадин. Минимальные мощности и участки практического отсутствия четвертичных отложений характерны для областей ледниковой экзарации и современной донной абразии вблизи береговой черты и унаследованных поднятий.

Современное состояние вопроса. К настоящему времени оформились три основные концепции об условиях формирования позднекайнозойских отложений на Западно-Арктическом шельфе.

Сторонники одной из них полагают, что шельф в течение всего антропогена был свободен от ледниковых массивов, и происхождение валунносодержащих суглинков объясняют ледовым и айсберговым разносом (О.В. Суздальский, Р.Б. Крапивнер, Д.С. Яшин). Близки к ним сторонники тектономаринистской точки зрения, предполагающие значительные новейшие высокоамплитудные тектонические движения, которые, значительно превосходя по амплитуде эвстатические колебания уровня моря, в значительной мере определяли условия формирования позднекайнозойских отложений.

Противоположная концепция, сформулированная М.Г. Гросвальдом в 70-х годах прошлого столетия, заключается в признании поздневалдайского (позднеюрмского, сартанского) панарктического оледенения, охватившего не только шельфовые области, но и значительные по размерам участки прибрежных равнин и горных сооружений.

Третья точка зрения, будучи промежуточной между двумя упомянутыми, является, тем не менее, вполне самостоятельной. И заключается в признании существования неоднократных на протяжении позднего кайнозоя и ограниченных по размерам ледниковых массивов как на сухопутном обрамлении, так и шельфе (Матишов Г.Г., Лаврушин Ю.А., Тарасов Г.А., Спиридонов М.А., Рыбалко А.Е., Павлидис Ю.А., Аксенов А.А. и др.). Данная концепция наиболее активно разрабатывается в последнее время. При этом точки зрения исследователей в значительной степени разнятся как по вопросу количества оледенений, так и их масштабов. Близко к этой концепции стоит позиция о признании существования ледниковых массивов на шельфе, но отвергающая их заметное механическое воздействие на подстилающую поверхность (Большаянов Д.Ю., Зархидзе В.С., Мусатов Е.Е.).

Несмотря на то, что существует несколько взглядов на условия формирования отложений в позднем кайнозое, основная дискуссия среди исследователей, непосредственно занимающихся изучением геологического строения четвертичных отложений Западно-Арктического шельфа, в настоящее время сводится к обсуждению масштабов, числа оледенений и величины геологического воздействия ледниковых массивов на субстрат.

Глава 2. Расчленение разреза по материалам сейсмоакустического профилирования.

По степени доступности наблюдениям шельф можно причислить к территории со 100% закрытостью. В связи с этим метод сейсмоакустического профилирования является ведущим при геологическом картировании шельфовых территорий. То есть прямые геологические методы - бурение и грунтовый пробоотбор выполняются лишь в отдельных точках и их материалы используются для заверки геофизических данных, а материалы сейсмоакустического профилирования для выделения геологических тел и трассировки их границ по латерали. Очень часто геологическое картирование с использованием геофизических методов опережает бурение по времени и, таким образом, расчленение разреза и, собственно, картирование приходится выполнять лишь по материалам сейсмоакустического профилирования. В связи с этим необходимым является использование принципов сейсмостратиграфического и сейсмофациального анализов. Именно такая ситуация существует в границах исследованной площади. Здесь имеется всего три инженерно-геологических скважины в юго-восточной части в границах нефтегазоперспективных структур Вернадской, Пахтусовской и Лунинской.

Сейсмостратиграфические границы, выделяемые на основе принципов сейсмостратиграфического анализа, достаточно достоверны, имеют структурный характер и несут объективную информацию о соотношениях реальных геологических тел. В основе сейсмостратиграфического анализа лежит принцип выделения и отслеживания по латерали сейсмостратиграфических комплексов, ограниченных в кровле и подошве поверхностями - осями синфазности, определение которых является одним из основных условий (Сейсмическая стратиграфия, 1982). При этом установлены два типа поверхностей - несогласные и коррелятные им согласные границы. Для первых характерны признаки денудации и перерывов в осадконакоплении.

В границах исследованной территории в результате сейсмостратиграфического анализа в разрезе четвертичных отложений выделены 3 сейсмостратиграфических комплекса:

- нижнее-среднеплейстоценовый;
- верхнеплейстоценовый;

На более мелкие сеймостратиграфические единицы комплексы расчленялись с использованием сейсмофациального анализа, под которым понимается изучение внутренней структуры акустической записи сеймостратиграфических комплексов, типизация волновой картины и на этой основе расчленение сеймостратиграфических комплексов на более мелкие сеймостратиграфические единицы - сеймопачки, с определением вероятного литологического состава и условий их формирования. В процессе работы было проведено широкое сравнение волновых картин отложений исследованной области с аналогичными в других районах Баренцева и Карского морей, где состав и генезис отложений подтвержден бурением и грунтовым пробобором.

Большое внимание обращалось на геоморфологическое положение каждого конкретного участка, как современное, так и более древнее. Особое внимание уделялось рельефу кровли и подошвы выделенных геологических тел, наличию эрозионных врезов, древних береговых линий, террасовых уровней и пр., являющихся своеобразными реперами при выделении и картировании сеймостратиграфических единиц.

В результате в сводном разрезе четвертичных отложений выделены (снизу вверх):

1. ССК-III - ниже-среднеплейстоценовый:

а) ССП-III-2 - ниже-среднеплейстоценовая с "кряпчатой" и "пунктирной" сейсмозаписью без протяженных осей синфазности (mI-II);

б) ССП-III-1 - ниже-среднеплейстоценовая с "хаотической" сейсмозаписью (gI-II).

2. ССК-II - верхнеплейстоценовый:

а) ССП-II-6 - верхнеплейстоценовая со слоистой или "кряпчатой" сейсмозаписью, слагающая плащеобразные тела и тела заполнения (mIII);

б) ССП-II-5 - верхнеплейстоценовая (нижневалдайская) с "хаотической" сейсмозаписью, слагающая моренные тела (gIII2);

в) ССП-II-4 - верхнеплейстоценовая (нижневалдайская) с сеймопрозрачной, иногда неяснослоистой записью, слагающая караваеобразные тела и тела заполнения (gmIII2);

г) ССП-II-3 - верхнеплейстоценовая (верхневалдайская) с "хаотической" сейсмозаписью, слагающая выраженные в рельефе моренные тела (gIII4);

д) ССП-II-2 - верхнеоплейстоценовая - голоценовая (верхневалдайская-голоценовая) с сейсмозпрозрачной, крапчатой или неяснослоистой записью, слагающая караваяеобразные тела и тела заполнения (gmIII4-H);

е) ССП-II-1 - верхнеоплейстоценовая - голоценовая (верхневалдайская-голоценовая) с сейсмозпрозрачной записью, слагающая тела заполнения (gm, mIII4-H).

3. ССК - I - голоценовый с сейсмозпрозрачной или тонкослоистой записью, слагающая тела заполнения (mH).

Приведена подробная характеристика всех выделенных сейсмокомплексов и сеймопачек и обоснование их выделения, составлена региональная сейсмостратиграфическая схема (рис. 3).

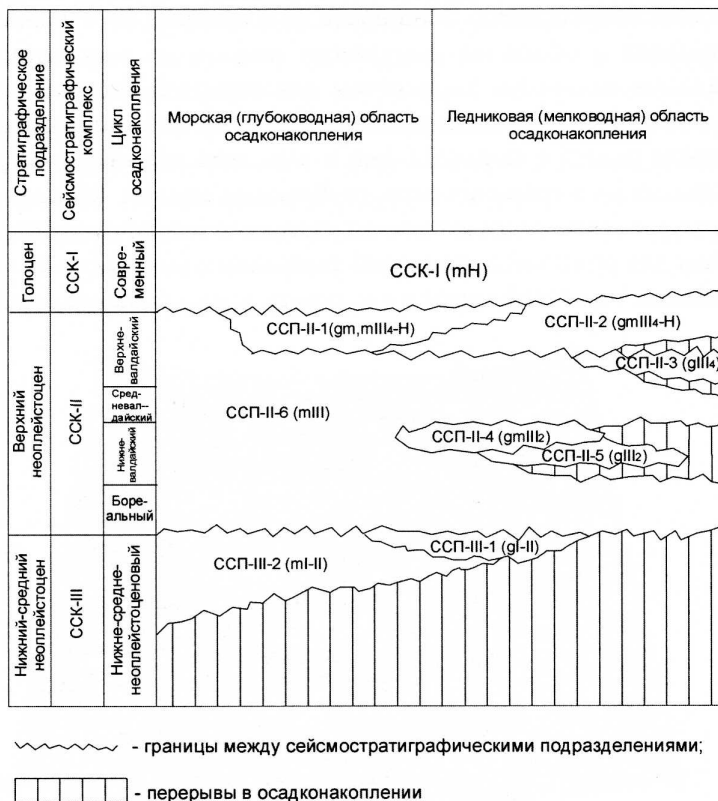


Рис.3. Региональная сейсмостратиграфическая схема расчленения четвертичных отложений

Глава 3. Геологическое строение четвертичных отложений

На основе сейсмоакустических исследований, материалов локации бокового обзора, бурения и грунтового пробобора приведено обоснование возраста и генезиса, характеристика вещественного состава, условий залегания и распространения всех выделенных стратиграфических единиц.

Четвертичные отложения с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на нижележащих мезозойских и палеозойских образованиях. Их относительно маломощный покров формирует прерывистый плащ осадков. Мощность их в среднем составляет 10-20 м, сокращаясь в областях денудации вплоть до выклинивания. Максимальные мощности характерны для областей распространения моренных отложений, слагающих гряды, отчетливо выраженные в современном рельефе морского дна и участков ледниково-морского осадконакопления в границах переуглубленных впадин. Минимальные мощности и участки практического отсутствия четвертичных отложений характерны для областей ледниковой экзарации и современной донной абразии вблизи береговой черты и в границах унаследованных поднятий (рис. 4).

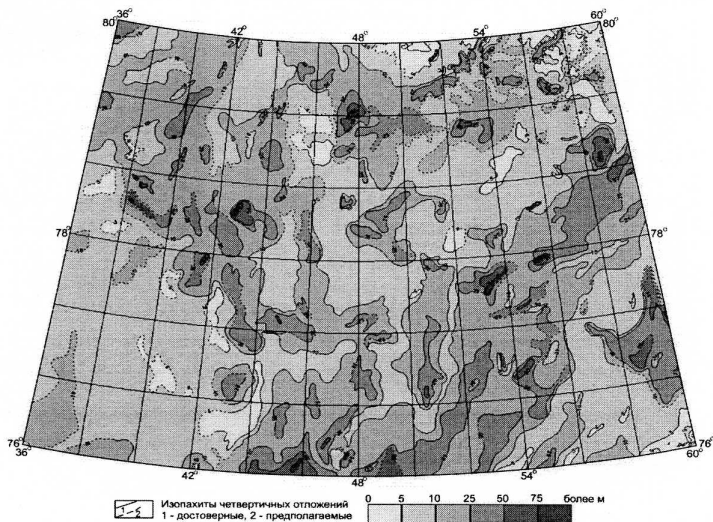


Рис.4. Схема мощностей четвертичных отложений

Нижнее-средненеоплейстоценовые отложения пользуются ограниченным распространением в южной части рассматриваемой территории. По материалам НСП формируют самый нижний ССК-III, состоящий из двух ССП, характеризующих одновозрастные отложения разного генезиса, и, залегая в основании четвертичного разреза, несогласно перекрывают мезозойские образования. С вышележащим ССК, по материалам НСП, видимое несогласие отсутствует. Мощность ССК-III изменяется от 5 (разрешение метода) до 10 м.

По комплексу признаков выделены два генетических типа - морские и ледниковые отложения.

Верхненеоплейстоценовый ССК-II широко, практически сплошным покровом, распространен в границах рассматриваемой территории, где он слагает как покровные, так и облекающие формы. Мощность его обычно составляет 10-25 м, значительно увеличиваясь в областях ледниково-морской аккумуляции и уменьшаясь в границах поднятий. Подошва ССК прослеживается с разной степенью уверенности. Чаще всего она определяется как четкое, слабоволнистое, интенсивное синфазное отражение. На некоторых участках площади она представлена короткими осями синфазности; ее положение в этом случае устанавливается в разрезе по точкам прекращения прослеживания отражений в подстилающих породах. Менее надежно подошва комплекса опознается по смене волновой картины.

ССК-II объединяет в своем составе различные в фациальном отношении образования. На рассматриваемой территории выделены ледниковые, ледниково-морские, а также морские отложения. Им соответствует ряд ССП.

Верхний неоплейстоцен. Морские отложения (mIII). Образуют покровно-облекающие, плащеобразные формы (ССП-II-6), которые несогласно перекрывают нижележащие мезозойско-кайнозойские образования. Отображаются на сейсмограммах слоистой, хаотической, крапчатой записью, довольно светлой по тону. Фрагментарно в верхней части комплекса иногда наблюдается ритмичнослоистая структура записи. По более высокочастотным материалам для временных разрезов часто характерен нечеткослоистый рисунок записи, с множеством отражений различной интенсивности и протяженности. Оси синфазности, как правило, субпараллельны подошве комплекса.

Отложения представлены неритмичным переслаиванием темно-серых глин и алевритовых песков, по всему разрезу наблюдается редкий ракушечный детрит. По гранулометрическому составу отложения характеризуются смешанным составом: содержание пелитовой фракции - 36,1 %, алевритовой - 28,1 %, песка - 35,3 %, гравия - 0,5 %. На более южной сопредельной площади, по данным бурения, нижняя часть отложений значительно чаще представлена суглинками твердыми-полутвердыми темно-серыми (Геологическая карта..., 1999). Их мощность достигает 25 м.

Л е д н и к о в ы е о т л о ж е н и я (gIII2). Распространены ограниченно лишь на двух небольших участках в южной части площади в границах возвышенности Кленовой. Благодаря хорошей выраженности в рельефе картируются они уверенно - образуют выпуклые тела с расчлененным мезорельефом. Граница с подстилающими отложениями несогласная, на сейсмоакустических материалах динамически выраженная, сеймопачка характеризуется отсутствием сколько-нибудь протяженных отражений, что, вероятно, обусловлено неоднородностью и невыдержанностью литологического состава.

Л е д н и к о в о - м о р с к и е о т л о ж е н и я (gmIII2) распространены в южной части листа и пространственно приурочены к участкам развития одновозрастных ледниковых образований. По материалам сейсмоакустического профилирования формируют мощную (до 70 м) акустически "прозрачную" сеймопачку, с отсутствием каких либо протяженных осей синфазности. Однако при анализе более высокочастотных материалов обнаруживается близкая к регулярной горизонтальная слоистость. Следует отметить, что ранее подобные мощные акустически "прозрачные" толщи были закартированы на нескольких участках баренцевского шельфа (Мурманская возвышенность, западный склон Центральной впадины). Их аналогичная характеристика в волновом поле предполагает близкий генезис и литологический состав.

По материалам донного опробования отложения сложены темно-серыми пелитами алевритовыми темно-серого цвета. Характерной особенностью является постоянное присутствие комочков черных относительно сухих пелитов гравийной размерности.

Ледниковые отложения (gIII4). Закартированы в присводовых участках возвышенностей (возвышенность Персея, Северо-Восточное плато, плато Виктория и др.). По материалам сейсмоакустического профилирования представляют собой вытянутые вдоль склонов гряды высотой до 60 м с сильно расчлененным мезорельефом. В волновом поле характеризуются хаотической записью, обычно отсутствием сколько-нибудь протяженных осей синфазности. В основном ледниковые отложения залегают на денудированном тезозойском основании и частично перекрыты верхневалдайскими ледниково-морскими осадками.

По материалам донного опробования, отложения сложены песчано-алеврит-пелитовыми переуплотненными полутвердыми микритами темно-серого цвета с содержанием щебня, дресвы, гальки до 15 % объемных. Характерно, что закартированные гряды формируют два пояса. Один из них расположен полукругом южнее архипелага Земля Франца Иосифа, второй - на западе территории и, возможно, маркирует область распространения последнего оледенения с центром в границах возвышенности Персея.

Верхнее-современное звенья нерасчлененные. Ледниковоморские отложения (gmIII4-H) находятся в пространственной связи с вышеописанными ледниковыми отложениями и закартированы на склонах и подножьях возвышенностей. Здесь они формируют, по сейсмоакустическим материалам, акустически "прозрачную" сейсмопачку мощностью до 60-70 м. Следует отметить, что облик данной сейсмопачки (ССП-II-2) идентичен пачке, соответствующей чижневалдайским ледниково-морским отложениям, что, несомненно, указывает на сходные условия их формирования. Отложения сглаживают неровности погребенного рельефа, на отдельных участках отчетливо наблюдается, что они перекрывают верхневалдайские ледниковые отложения. В приподошвенной части сейсмопачки довольно часто наблюдается протяженная ось синфазности, возможно, являющаяся границей раздела с погребенными морскими отложениями верхнего неоплейстоцена. По материалам донного опробования отложения представлены алевропелитами серого цвета, часто с примесью песка, редкими галькой и гравием, комочками относительно сухих пелитов. Отложения мягко-тугопластичные, на изломе часто рупинчатые.

Ледниково-морские, морские отложения (gm, mIII4-H) также находятся в парагенетической связи с описанными выше отложениями. Их формирование связывается с дегляциацией поздневалдайского ледникового покрова, в ходе которого вместе с опресненными водами в акваторию поступало значительное количество обломочного материала. Распространены отложения в пределах днищ впадин и желобов (желоба Франц-Виктория, Альбанова и др.). Здесь они формируют акустически "прозрачную" сейсмопачку, подобную ледниково-морским отложениям, однако обычно значительно менее мощную (в желобе Франц-Виктория в среднем 12 м) и нередко содержащую отдельные протяженные оси синфазности. По материалам донного опробования отложения представлены алевритовыми пелитами темно-серого, буровато-серого цвета. Отложения текуче-мягкопластичные, содержат грубообломочный материал - 1-3 %. Реже в разрезе встречаются опесчаненные разности осадков, что, вероятно, может быть связано с неравномерным поступлением осадочного материала и, собственно, изменением скоростей дегляциации ледниковых массивов.

На акваториальной части рассматриваемой территории голоценовые осадки имеют очень широкое распространение (рис. 5). Мощность голоценовых отложений на акватории, по данным донного опробования, изменяется от первых сантиметров до 3,1 м (максимально наблюдаемая величина). Минимальные мощности характерны для сводовых участков возвышенностей, максимальные - для днищ желобов и впадин, а также фиордов архипелагов Новая Земля и Земля Франца Иосифа, где происходит современное ледниково-морское осадконакопление. Голоценовые осадки желобов и впадин представлены в основном зеленовато-серыми текучими и текупластичными алевритовыми и алевритистыми водонасыщенными пелитами (в инженерно-геологической классификации - илами), содержащими разное количество гидротроилита. Характерно присутствие по всему разрезу редких включений гравия и гальки. На возвышенностях и в прибрежной полосе, за счет размыва подстилающих образований, происходит современное образование палимпсестовых и эдафогенных отложений.

Глава 4. Условия формирования четвертичных отложений.

Формирование четвертичного осадочного чехла в границах описываемой территории тесно связано во-первых с активным океанообразованием в границах Норвежско-Гренландского бассейна в палеогене и Евразийского - в неогене и антропогене (Мусатов, 1990). Во-вторых, в течение четвертичного периода существенное влияние оказывали неоднократные оледенения обширных участков акватории и эвстатические колебания уровня моря. Эти обстоятельства привели к формированию значительного стратиграфического перерыва, включающего палеоген, неоген и эоплейстоцен, и сокращению средней мощности четвертичных отложений.

Неоплейстоценовый этап развития рассматриваемой территории начался с обширной трансгрессии, охватившей и весь баренцевский шельф, связанной с общим погружением примерно на -200 м. Отложения, сформировавшиеся в это время, сохранились от последующей денудации в южной глубоководной части региона. Здесь они в существенном объеме представлены диамиктонами, формирование которых многими исследователями связывается с существовавшими суровыми климатическими условиями сезонно-замерзающих морей (Данилов, 1978, 1984, 1987). В наиболее возвышенных частях сухопутного обрамления происходило формирование ледниковых массивов.

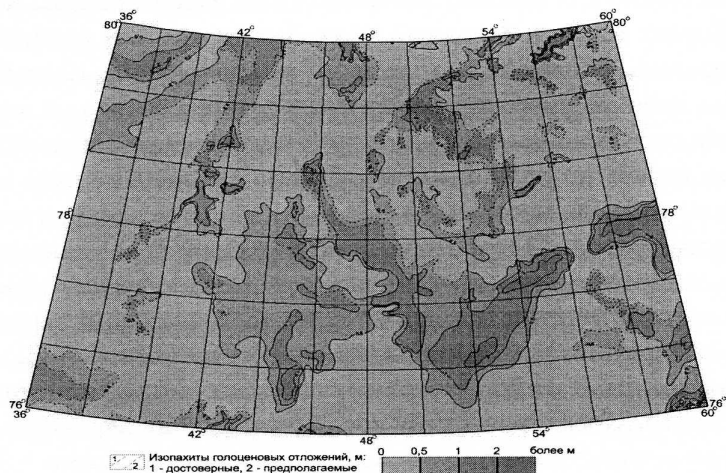


Рис. 5. Схема мощностей голоценовых отложений

Во второй половине среднего неоплейстоцена, в условиях крупной регрессии, произошло значительное уменьшение морского бассейна и максимальное оледенения как сухопутного обрамления, так и шельфа, коррелируемое с днепровско-московским на Русской плите Зархидзе, 1989). Центрами оледенения являлись архипелаги и шельфовые возвышенности. Невозможно установить границы этого оледенения, так как на севере площади, вблизи арх. ЗФИ, его следы могли быть уничтожены более поздними экзарационными процессами. Нельзя также определить, было ли это оледенение сплошным или покровным. Однако, по материалам с сопредельной, более южной, площади средненеоплейстоценовое оледенение охватывало на акватории по крайней мере значительные по площади Адмиралтейский вал и Западно-Новоземельский желоб (Государственная геологическая карта..., S-38-40, 1999).

Последующая микулинская (бореальная, казанцевская для Западной Сибири) трансгрессия в начале позднего неоплейстоцена охватила не только акваториальную часть площади, но и, в значительной части, сухопутное обрамление. На Новой Земле в это время формировались морские отложения кумжинской свиты, которые в настоящее время наблюдаются на высоте до +300 м (Красножен и др., 1986). Вероятно, что подобные образования могли сохраниться и на ЗФИ. Морские отложения раннего неоплейстоцена закартированы на о-вах Земли Короля Карла и Западный Шпицберген, где они представлены сублиторальными алевритами, песками и галечниками. Климат в эту эпоху, по данным многочисленных исследователей, был не холоднее современного. Ледники на архипелагах значительно уменьшились в размерах вплоть до полной их деградации. На современном шельфе формировался плащ морских и ледово-морских отложений, в северной части рассматриваемой территории в значительной мере уничтоженный последующими экзарационными процессами. По материалам инженерно-геологического бурения в южной части исследованной территории отложения представлены неритмичным переслаиванием темно-серых глин и алевритовых песков, по всему разрезу наблюдается ракушечный детрит. По гранулометрическому составу отложения характеризуются смешанным спектром: содержание пелитовой фракции - 36,1%, алевритовой - 28,1 %, песка - 35,3%, гравия - 0,5 %.

Во время последующей ранневалдайской (зырянской в Западной Сибири) регрессии и заметного похолодания климата предполагается восстановление и формирование ледниковых массивов на архипелагах и наиболее возвышенных участках шельфа. Одновременно в наиболее погруженных участках шельфа морское осадконакопление не прерывалось, однако в разрезе доминируют. С началом потепления и деградации ледников происходило формирование ледниково-морских отложений, сохранившихся в настоящее время в периферийных частях возвышенностей в южной части площади. По материалам сейсмоакустического профилирования они формируют мощную (до 70 м) акустически "прозрачную" сеймопачку, с отсутствием каких либо протяженных осей синфазности. Однако при анализе более высокочастотных материалов обнаруживается их близкая к регулярной горизонтальная слоистость. Следует отметить, что ранее подобные мощные акустически "прозрачные" толщи были закартированы на нескольких участках баренцевского шельфа. Их аналогичная характеристика в волновом поле и подобная геоморфологическая позиция предполагают близкий генезис и литологический состав. По материалам донного опробования отложения сложены темно-серыми пелитами алевритовыми темно-серого цвета. Характерной особенностью является постоянное присутствие комочков черных относительно сухих пелитов гравийной размерности

· В течение молодого-шекснинской (каргинской) трансгрессии было восстановлено и продолжено морское и ледово-морское осадконакопление на шельфе. Тем не менее, в пределах архипелагов ледниковые массивы не исчезали полностью и продолжали свое существование в связи с более холодным по сравнению с современным климатом. Одновозрастная морская терраса широко распространена на материковой суше, ее наличие отмечено на Новой Земле на высоте +100-200 м (Зархидзе В.С., 1989), Земле Короля Карла и Западном Шпицбергене, где выделены комплексы фораминифер соответствующего возраста.

Последняя крупная регрессия, вероятно, в основном гляциоэвстатической природы, в позднем валдае (саргане) вновь осушила наиболее возвышенные участки современного шельфа на рассматриваемой территории. Различными исследователями понижение уровня моря устанавливается величиной от 100 до 140 м.

В условиях значительного похолодания климата и относительного переувлажнения вновь началось формирование ледниковых массивов. В настоящее время существование фазы похолодания и ледниковых массивов в позднем валдае в границах баренцевского шельфа принято подавляющим большинством исследователей (Матишов, 1984; Тарасов Г.А., 1998; Рыбалко А.Е., 1998 и др.). Дискуссию же вызывает определение масштабов оледенения. Установлено, что ледниковые массивы существовали на Шпицбергене и ЗФИ; геолого-съёмочными работами здесь закартированы поздневалдайские ледниковые отложения как на сухопутной части, так и прилегающем шельфе. На Новой Земле, по мнению ряда исследователей, поздневалдайское (сартанское) оледенение по масштабу было заметно меньше современного (Красножен и др., 1982). Однако, по результатам геолого-съёмочных работ, одновозрастные ледниковые отложения были закартированы на западном склоне Восточно-Новоземельского желоба на современных глубинах моря до 200 м (Костин Д.А., 1995), а синхронные им ледниково-морские образования сформировали значительные по площади тела на шельфе вдоль западного берега Новой Земли (Геологическая карта..., 1999).

По результатам сейсмоакустического профилирования на листах Т-37-40 на южных склонах Северо-Восточного плато были закартированы выраженные в рельефе морского дна протяженные выпуклые с расчлененной кровлей тела с хаотической сейсмозаписью, интерпретированные как поздневалдайские моренные отложения. Действительно, трудно представить, в результате какого процесса морского осадконакопления могут быть сформированы подобные формы с приуроченностью в основном к южным присводовым частям возвышенностей, и, к тому же формирующие неясновыраженный пояс, окаймляющий с юга ЗФИ? При использовании предположения об их ледниковом происхождении эти обстоятельства уже не вызывают удивления. Также ледниковые отложения закартированы в западной части территории, на склонах плато Виктория, возвышенностях Персея и Альбанова. По материалам сейсмоакустического профилирования отложения представляют собой вытянутые вдоль склонов гряды высотой до 60 м с сильно расчлененным мезорельефом. В волновом поле характеризуются хаотической записью, обычно отсутствием скольких-нибудь протяженных осей синфазности.

По материалам донного опробования, отложения сложены песчано-алеврит-пелитовыми переуплотненными полутвердыми микритами темно-серого цвета с содержанием щебня, дресвы, гальки до 15% объемных.

Парагенетически и пространственно к ледниковым отложениям позднего валдая приурочены и ледниково-морские отложения, формирование которых наиболее интенсивно происходило на стадии дегляциации (рис. 6). Они закартированы на склонах и подножьях возвышенностей, где формируют, по сейсмоакустическим материалам, акустически "прозрачную" сейсмопачку мощностью до 60-70 м. Отложения сглаживают неровности погребенного рельефа, на отдельных участках отчетливо наблюдается, что они перекрывают верхневалдайские ледниковые отложения. В приподошвенной части сеймопачки довольно часто наблюдается протяженная ось синфазности, возможно, являющаяся границей раздела с погребенными морскими отложениями верхнего неоплейстоцена. По материалам донного опробования отложения представлены алевропелитами серого цвета, часто с примесью песка, редкими галькой и гравием, комочками относительно сухих пелитов. Отложения мягко-тугопластичные, на изломе часто крупинчатые.

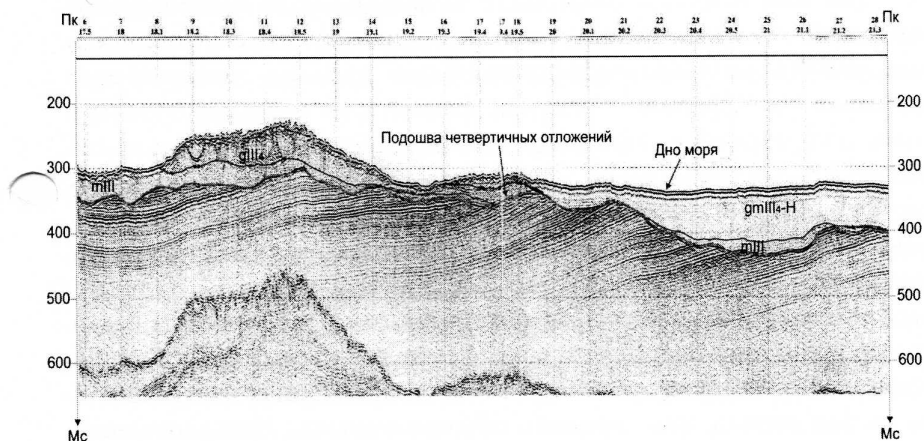


Рис. 6. Фрагмент сейсмоакустического профиля. Соотношение ледниковых, ледниково-морских отложений позднего валдая и позднеплейстоценовых морских отложений.

Таким образом, имеются основания предположить существование в позднем валдае трех значительных по площади ледниковых массивов с центрами оледенения на Шпицбергене, ЗФИ и Новой Земле. При этом ледник на Новой Земле, вероятно, был незначительно больше современного и не распространялся на большое расстояние от архипелага. Наличие ледников также установлено в пределах ряда возвышенностей и плато - Персея, Виктории, Альбанова и Северо-Восточном плато. Анализ сейсмоакустических материалов показывает, что в границах желобов и впадин (желоба Франц-Виктория, Альбанова и Седова, впадины Северная и Альбанова), разделяющих данные формы рельефа, а также архипелаги, в позднем валдае морской бассейн не прекращал своего существования, разрез четвертичных отложений здесь сложен практически полностью ледниково-морскими отложениями. Это позволяет предположить полицентрический характер оледенения в границах изученной территории.

Мощность ледниковых массивов, скорее всего, составляла не более первых сотен метров (а, возможно, и меньше - десятки метров) и в границах наиболее глубоководных участков (например, желоб Франц-Виктория) лед не касался морского дна и, таким образом, ледник здесь был шельфовым.

Так или иначе, в результате экзарационной деятельности поздневадайских ледников на акваториальной части площади в определенной мере были денудированы более древние четвертичные образования и формы рельефа (характерно редкое присутствие речных палеоврезов), сформирован своеобразный гляциально-перигляциальный тип рельефа, в значительной мере сохранившийся при последующей трансгрессии. Последнее обстоятельство может быть связано с очень быстрым повышением уровня моря, что отмечается рядом исследователей, в условиях "ледникового берега". Однако, несмотря на то, что в результате ледниковой деятельности были сформированы выраженные в рельефе значительные по площади моренные тела, следует признать, что их экзарационная деятельность была не так велика, как принято обычно считать. Действительно, выглядящие на сейсмоакустических разрезах при сжатом горизонтальном масштабе довольно грандиозно, моренные тела представляют собой на самом деле при равных горизонтальном и вертикальном масштабах весьма слабо выраженные в рельефе аккумулятивные гряды.

Следует отметить, что, по материалам сейсмоакустического профилирования, воздействие ледниковых массивов на подстилающий четвертичные отложения субстрат в виде приконтактных деформаций отсутствует. Это может быть связано с тем, что ледниковые тела были малоподвижными большую часть времени своего существования и их геологическая деятельность заключалась в основном в формировании перерыва в осадконакоплении и переуплотнении подстилающих отложений. Вероятно, их подвижность возрастала лишь на стадии деградации в связи с потерей стабильности.

Значительно более заметную геологическую деятельность производили как на стадии оледенения, так и во время деградации ледников, по нашему мнению, талые ледниковые воды. Ими были сформированы как мелкие желоба стока в ледниковом ложе, так и значительные по размерам каналы транспорта осадочного материала, а также, с их участием, крупные аккумулятивные тела ледниково-морского генезиса, которые значительно превосходят по размерам и мощности закартированные ледниковые образования.

В ходе дегляциации ледников и послеледниковой трансгрессии в конце позднего валдая - начале голоцена значительной была роль айсбергов. По крайней мере, по материалам гидролокации бокового обзора, айсберговые борозды выпаживания устанавливаются на современных глубинах моря до 300 м.

В голоцене был сформирован прерывистый плащ современных осадков различного гранулометрического спектра, в большинстве случаев на открытой акватории коррелирующегося с батиметрическим положением участка. Отмечается постоянное присутствие рубообломочного материала - продукта ледового разноса. Максимально наблюдаемая мощность голоцена составляет 3, 1 м. Однако на значительной территории - в границах возвышенностей, крутых склонах, прибрежной зоне, его мощность составляет первые сантиметры. Для этих участков характерно формирование палимпсестовых и эдафогенных осадков.

Заключение.

В результате комплексного геолого-геофизического изучения четвертичных отложений южной части шельфа ЗФИ установлены основные закономерности его геологического строения и восстановлена история развития региона и условия формирования отложений.

1. С использованием сейсмостратиграфического и сейсмофациального анализов разрез четвертичных отложений расчленен на ряд сейсмостратиграфических комплексов и пачек, которые сопоставлены со стратиграфическими подразделениями, составлена региональная сейсмостратиграфическая схема. Полученные результаты заверены данными бурения и пробоотбора.

2. Составлены карты мощностей четвертичных и голоценовых отложений масштаба 1:1 000 000. Они отражают сложный процесс формирования отложений на протяжении антропогена и неоднократную смену бассейнового характера осадконакопления периодами денудации. Влияние ледниковых массивов и талых ледниковых вод заключалось в денудации ранее сформировавшихся отложений, их перемещении (перераспределении мощности отложений) с образованием своеобразного перигляциального рельефа, формировании перерыва в осадконакоплении и переуплотнении отложений.

3. По литолого-стратиграфо-генетическому принципу составлена карта четвертичных отложений масштаба 1:1 000 000. Она, как и карты мощностей, принята к изданию в составе "Государственной геологической карты..., 2004".

4. Предложена модель развития исследованной территории в позднем кайнозое. Установлено значительное влияние оледенений и процессов дегляциации на формирование четвертичных отложений и существование в позднем валдае малоподвижных ледниковых массивов в границах архипелагов и шельфовых возвышенностей.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Миоценовая дельта Южно-Карского шельфа. Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1998. Т.73, вып.5. с. 65-68.

2. Позднемезозойско-кайнозойская палеогеография Приновоземельского шельфа // Тезисы докладов международной конференции "Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене". Мурманск, 1998, с. 57-60. (в соавторстве с Маркиной Н.В., Мусатовым Е.Е.)

3. Акустические фации посткриогенных обстановок мелководных районов Печорского и Карского морей //Разведка и охрана природы, №7-8, 1999, ISSN 0034-026X. с.10-14 (в соавторстве с Бондаревым В.Н., Длугачем А.Г., Рокосом С.И.).

4. Кайнозой. Четвертичная система //Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист S-(36),37 - Баренцево море. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Изд. ВСЕГЕИ, 2000. с.54-67.

5. Литология современных донных отложений //Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист S-(36),37 - Баренцево море. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Изд. ВСЕГЕИ, 2000. с. 67-74.

6. Свободный газ и многолетняя мерзлота в осадках верхней части разреза мелководных районов шельфа Печорского и Карского морей// Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. с. 0-52 (в соавторстве с Рокосом С.И., Длугачем А.Г.).

7. Об условиях седиментогенеза в заливе Грен-фиорд (Западный Шпицберген). В кн.: Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2003. С.91-97. (в соавторстве с Тарасовым Г.А., Митяевым М.В., Герасимовой М.В.).

8. Кайнозой. Четвертичная система //Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист T-37-40 - Земля Франца Иосифа (южные острова). Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Изд. ВСЕГЕИ, 2004. с.57-68.

9. Тектоника//Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Т-37-40 - Земля Франца Иосифа (южные острова). Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Изд. ВСЕГЕИ, 2004. с.80-98

10. История геологического развития. Кайнозойский этап// Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Т-37-40 - Земля Франца Иосифа (южные острова). Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Изд. ВСЕГЕИ, 2004. с.113-118.

11. Особенности формирования четвертичных отложений на шельфе севера Баренцева моря. //ДАН, т. 397, № 2, 2004. с. 235-238 (в соавторстве с Тарасовым Г.А.).

12. Условия формирования четвертичных отложений южной части шельфа архипелага Земля Франца-Иосифа //Экология антропогена и современности: природа и человек. Волгоград-Астрахань, 2004. С. 107-113 (в соавторстве с Тарасовым Г.А.).

Дж / Костин Д. А.