

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи
УДК 551.793.9+551.332 (268.45)

*Захаренко
Валентина Степановна*

**ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И
ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ШПИЦБЕРГЕНСКОГО ШЕЛЬФА В
ПЛЕЙСТОЦЕНЕ**

Специальность 25.00.28 Океанология

**Автореферат
диссертации
на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Мурманск
2008

Работа выполнена в ОАО «Морская Арктическая геологоразведочная экспедиция» (г. Мурманск) и на кафедре географии и экологии Мурманского государственного педагогического университета.

Научный руководитель:

доктор географических наук, академик
Матишов Геннадий Григорьевич

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор **Павлова Л.Г.**
кандидат геолого-минералогических наук, **Костин Д.А.**

Ведущая организация: ФГУ НПП «Севморгео»

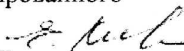
Защита состоится «14» ноября 2008 г. в _____ час. на заседании специализированного Совета Д002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук по адресу: 183010, Мурманск, ул. Владимирская, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ММБИ КНЦ РАН

Автореферат разослан «____» _____ 2008 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета Д002.140.01

кандидат географических наук



Е.Э.Кириллова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Повышенный научный интерес к исследованию седиментогенеза Западно-Арктического шельфа и подводной окраине Западного Шпицбергена, в частности, обусловлен многими причинами. Во-первых, недостаточной изученностью западной части региона и неравномерной изученностью южной части. Во-вторых, необходимостью изучения палеоклиматических изменений природной среды для более точного прогнозирования колебаний уровня моря. В-третьих, как остров Западный Шпицберген, так и возвышенные участки Шпицбергенского шельфа являются ключевыми участками для исследования поставки осадочного вещества из областей сноса в Норвежско-Гренландский бассейн.

Все эти проблемы невозможно решить без анализа геоморфологии, изучения строения четвертичных отложений и изменения их мощности по площади, изучения гляциальных и перигляциальных отложений. В условиях ледово-морского седиментогенеза в арктических морях важнейшим природным фактором является морской и океанический перигляциал, понятие которого в 1980 году было предложено Г.Г.Матишовым и сформулировано в научную теорию (Матишов, 1980, 1984). В широком географическом понимании в настоящее время под феноменом океанического и морского перигляциала подразумевается многообразие физико-географических, геологических и биологических явлений, развивающихся в полярных и умеренных широтах Мирового океана под влиянием покровов древнего и современного оледенения.

Рельефообразующие факторы на континентальной окраине, несомненно, были сопряжены и контролировались общим эндогенным процессом глобального масштаба, в ходе которого формировались крупнейшие планетарные морфоструктурные элементы земной поверхности, включающие океанические впадины и срединно-океанические хребты, по дизъюнктивным нарушениям происходило заложение фиордов.

Проблема взаимосвязи рельефа, глубинного строения и основных геодинамических процессов, формирующих рельеф, в акватории Западного Шпицбергена и Норвежско-Гренландского бассейна остается актуальной и дискуссионной. Это особо актуально для установления объективных критериев нефтегазоносности с учетом геолого-геоморфологического и неотектонического анализа, а также для выявления перспективных участков россыпных месторождений. Реконструкция палеогеографического развития материковой окраины в плейстоцене, предопределяет также многие направления экологических исследований на шельфе и его побережьях, в том числе с целью долгосрочного прогноза изменений природной среды в Арктике.

Цель работы — изучение геологического строения, восстановление истории геологического развития, а также выявление особенностей

осадконакопления и палеогеографии Шпицбергенской континентальной окраины в четвертичный период.

Основные задачи. В соответствии с целью работы в ней решались следующие задачи:

- Провести геоморфологический анализ подводной окраины Западного Шпицбергена. Выявить взаимосвязи морфоструктур с глубинным строением.
- Провести анализ соотношения экзогенных и эндогенных процессов в неоген-четвертичный период.
- По фактическому материалу уточнить строение четвертичных отложений на акватории Западного Шпицбергена, выделить сейсмостратиграфические комплексы и подкомплексы, провести увязку горизонтов со скважиной 986, выявить особенности осадконакопления в плейстоцене. Рассмотреть возможные перспективные участки местонахождения полезных ископаемых.
- На основе комплексного анализа воссоздать палеогеографию региона в неоген-плейстоценовое время.

Фактический материал и методы исследования. В основу диссертационной работы положены геолого-геофизические материалы, полученные в ходе научно-исследовательских и производственных работ ОАО МАГЭ, и, прежде всего, профили НСАП (непрерывного сейсмоакустического профилирования), отработанные в 2004, 2005 и 2006 годах, интерпретацию которых проводила автор. В работе применялись следующие методы исследования:

- Метод сейсмостратиграфической интерпретации основан на анализе волнового поля: а) анализ сейсмического разреза, выявление, корреляция и определение возраста сейсмических комплексов; б) анализ сейсмофаций; в) анализ относительных изменений уровня моря. В процессе интерпретации проводилась увязка горизонтов с данными сейсморазведки МОВ ОГТ. Осуществлялась привязка сейсмических горизонтов к скважине 986.

- Картографический метод исследования применялся для изучения динамики изменения процессов и явлений, как по площади, так и с глубиной. Для этого сопоставлялись карты, полученные различными геофизическими методами, анализировались изменения структурных планов во времени и влияние этих изменений на формирование рельефа.

- Метод математического моделирования применялся при создании геоморфологической карты и заключался в построении матрицы рельефа дна. С помощью стандартных программных средств: Surfer 7, ArcView GIS 3.x, модулей расширения Spatial Analyst (1996), 3-D Analyst (1997) и

программного обеспечения по матрице рельефа вычислялись матрицы склонов «slope», векторов «vector map» (Васильева, Захаренко, 2005).

Личный вклад автора.

- Автором проведена корреляция и интерпретация полевых сейсмоакустических разрезов (7500 погонных км). Выделены основные сейсмокомплексы и подкомплексы. Проведено уточнение геологического строения четвертичных отложений.
- Проведена увязка с разрезами сейсморазведки МОВ ОГТ, что важно, в первую очередь, для более точного установления нижней границы (подошвы) четвертичных отложений.
- Построены карты мощности четвертичных отложений. Проанализированы пространственно-временные изменения мощности.
- Рассмотрены особенности осадконакопления в переходной зоне, относящейся к системе «континент – океан». Выделены два гипсометрических уровня лавинной седиментации.
- Проведен геоморфологический анализ, интерпретация математических трансформаций батиметрической карты.
- Проанализирована выраженность тектонических нарушений в рельефе дна и в сейсмоакустической записи.
- На основе фактического материала и литературных данных рассмотрена палеогеографическая ситуация в четвертичный период.
- По данным НСАП, с привлечением комплексного анализа, автором намечены участки, перспективные для местонахождения полезных ископаемых.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В формировании различных типов рельефа и условий осадконакопления доминирующую роль сыграло блоковое строение района резко дифференцированные неотектонические движения блоков земной коры. Все крупные морфоструктуры Шпицбергенского шельфа сформированы в результате эндогенных процессов, в то время как средние и мелкие формы связаны, преимущественно, с экзогенными процессами.

2. Особенности осадконакопления Шпицбергенского шельфа являются лавинные темпы седиментации. Выделены два уровня повышенной седиментации: верхний - у бровки шельфа, формирующий проградационные комплексы, и нижний – конусы выноса в нижней части континентального склона на континентальном подножии. Их депоцентры пространственно приурочены к продолжению фиордовых долин.

3. Общие изменения в плейстоцене, связанные с колебаниями климата, усиливаются региональными особенностями: местоположением в области перехода «континент-океан», близостью ледниковых щитов, а также

близостью хребта Книповича и влиянием геодинамических событий, происходящих в Арктике.

Научная новизна работы состоит в разработке модели геологического развития Шпицбергенского шельфа и примыкающей части Норвежско-Гренландского бассейна в четвертичный период. Комплексная интерпретация сейсмических и сейсмоакустических данных, увязка со скважиной, позволила уточнить геологическое строение четвертичной толщи, выявить региональные особенности осадконакопления. Полученные результаты свидетельствуют о многовариантности решения проблем палеогеографии. Предложенные геолого-геофизические и геоморфологические модели, палеогеографические выводы, сделанные в работе, дают новый взгляд на историю геологического развития и могут привести к постановке актуальных проблем геологии региона.

Практическая значимость работы состоит в получении конкретных геологических результатов. Проведен анализ распределения мощностей четвертичных отложений чехла и построены карты мощности, создана геоморфологическая карта подводной окраины Западного Шпицбергена, схема морфоструктурного районирования, орографическая схема, схема новейшей тектоники, схема границ оледенений. Проведена корреляция и построение геолого-геофизических сейсмоакустических разрезов. Материалы, полученные в результате исследований автора и изложенные в диссертационной работе, были востребованы при составлении производственных отчетов ОАО МАГЭ: «Проведение региональных работ по уточнению геологического строения и выявлению перспективных зон нефтегазонакопления на Западно-Шпицбергенском шельфе» (2005); «Региональные комплексные геолого-геофизические исследования на Южно-Шпицбергенском шельфе» (2007), «Региональные комплексные геолого-геофизические исследования с целью увязки нефтегазоперспективных комплексов осадочных бассейнов Южно-Шпицбергенского и Западно-Шпицбергенского шельфа» (2008).

Автором проделана работа по анализу условий залегания газогидратов в россыпных месторождениях, что может быть использовано при планировании инженерно-геологических исследований.

Апробация работы. Результаты интерпретации использованных материалов и основные положения диссертационной работы докладывались на конференциях: V Международной конференции: «Комплексные исследования природы Шпицбергена», Мурманск, 2005;

IV Международной конференции «Геология в Школе и в ВУЗе: Геология и цивилизация», Санкт-Петербург, 2005; 33 сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского: «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей», Екатеринбург, 2006.

Автором опубликовано более 25 научных работ, из них 13 по теме диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Она содержит 120 страниц машинописного текста, 32 рисунка. В списке литературы 179 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю академику Матишову Геннадию Григорьевичу за всестороннюю помощь, советы, консультации и поддержку.

Автор благодарна генеральному директору ОАО МАГЭ к.т.н. Казанину Г.С. за предоставленную возможность провести исследование.

Автор искренне признательна к.г.-м.н. Шкарубо С.И. к.б.н. доц. Митиной Е.Г., д.г.н. проф. Денисову В.В., д.г.-м.н. Тарасову Г.А., д.г.-м.н. проф. Шипилову Э.В., Захаренко В.М. за содействие, консультации и проявленное внимание. Автор выражает благодарность коллективу ОАО МАГЭ: к.т.н. Васильевой Е.Г., к.г.-м.н. Шлыкковой В., Кирилловой Т.А., Маркиной Н.В., Журавлеву В.А., Черникову С.Ф., Парамоновой М. и др. за помощь в совместной работе и предоставление необходимого материала.

Автор благодарит за критические замечания д.г.-м.н. Иванова Г.И., к.г.-м.н. Шарина В.А., Зинченко А.Г. Хочется вспомнить и поблагодарить увлеченных людей, оказавших влияние на формирование научных взглядов и подходов к проблеме: Верба М.Л., Верба В.В., Трубятчинского Н.Н., Юнова А.Ю., Гуревича В.И., Шевченко А.В.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В главе дается краткий физико-географический очерк, история морских геологических исследований и геологическая история дочетвертичного этапа развития региона.

1.1. Краткий физико-географический очерк. Район исследований охватывает западную и южную континентальную окраину острова Западный Шпицберген (рис. 1).

Архипелаг простирается с севера на юг на 450км и с востока на запад на 400км. Фиорды Шпицбергена отличаются от норвежских фиордов значительной шириной и прямолинейностью. Постоянные течения представлены теплыми течениями Западно-Шпицбергенским и Нордкапским, и холодными Восточно-Шпицбергенским и Медвежинским.

В очерке дается характеристика атмосферной деятельности над акваторией, а также уникальность ледовых условий этого региона.

1.2. История морских геолого-геофизических исследований. В данном разделе проводится литературный обзор, касающийся изучению дна мирового океана, приводятся труды ведущих отечественных и зарубежных исследователей ледникового рельефа, четвертичной геологии и палеогеографии плейстоцена, проблем рельефообразования на гляциальных континентальных окраинах, занимавшихся вопросами геокартирования, тектоники, геодинамики в Арктическом бассейне, вопросами геоморфологии на Шпицбергене и примыкающей акватории.

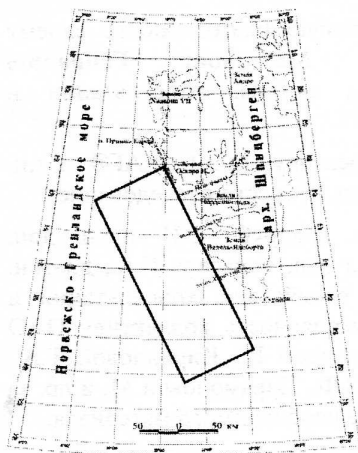


Рис.1. Обзорная схема района работ.

Несмотря на то, что, Шпицбергенский шельф привлекает внимание геологов разных стран и организаций, регион остается изученным крайне неравномерно, основные работы сосредоточены в южной шельфовой части, исследования западной части шельфа и прилегающей континентальной окраины можно отнести к классу рекогносцировочных работ.

1.3. Геологический очерк. В главе дается краткий геологический очерк, включающий сведения о тектоническом районировании и строении осадочного чехла.

К основным структурным элементам исследуемого участка и примыкающей территории относятся: срединно-океанические хребты Книповича и Моллой, Поморский мегапрогиб (периокеанический Поморский прогиб), Шпицбергенское окраинное плато, структуры Восточно- и Южно-Шпицбергенского шельфов, главными структурными элементами которых являются: прогибы Восточно-Шпицбергенский (Стурфьорд), Зюйдкап, Серкап, поднятия Стаппен, Хопен (рис.2).

Предполагается, что около 60 млн лет назад начался и 36 млн лет назад закончился первый этап раскрытия Норвежского и южной части Гренландского морей, а также Евразийского глубоководного бассейна.

Западный район представлял собой на первом этапе (до 36 млн. лет назад) область сдвиговых перемещений, в процессе которых был образован узкий и протяженный Западно-Шпицбергенский ороген, а также система субмеридиональных горстов и грабенов на западе Шпицбергенского шельфа. Западно-Шпицбергенская континентальная окраина относится к пассивным окраинам сдвигово-рифтового типа. Ее специфической особенностью строения является сближение срединно-океанического

хребта Книповича с континентальным склоном Западного Шпицбергена, т.е. хребет Книповича занимает асимметричное положение в бассейне Гренландского моря. Развитие региона в палеогене характеризуется повышенной тектонической активностью вдоль западной бровки шельфа, которая продолжалась вплоть до окончательного раскрытия Норвежско-Гренландского моря в эоцене-олигоцене (Mørk & Worsley, 2003).

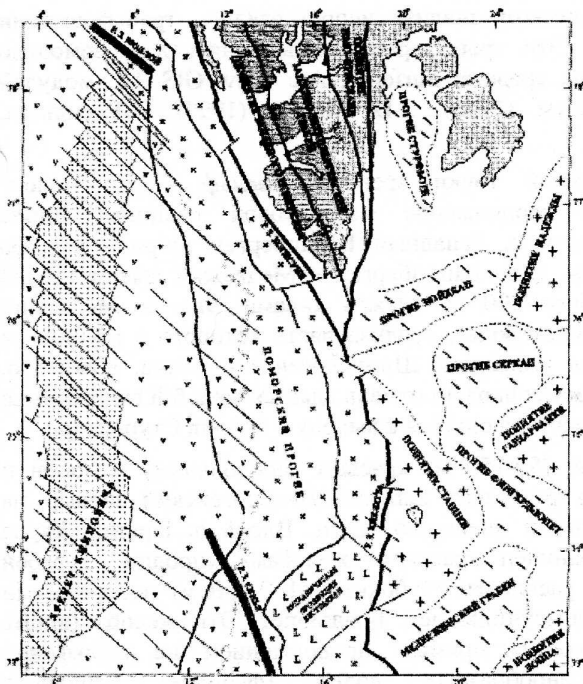


Рис.2. Схема структурно-тектонического районирования по подошве осадочного чехла

Спецификой восточной части Норвежско-Гренландского бассейна является то, что periокеанический Поморский прогиб никак не отражен в рельефе дна.

По-видимому, поднимающаяся Баренцевоморская окраина служила

поставщиком огромного количества обломочного материала, сносимого в Поморский прогиб, скорость осадконакопления во второй половине айнозоя возросла настолько, что превосходила темпы его прогибания. В итоге этот бассейн в раннем миоцене (около 22 млн. лет назад) уже был нивелирован осадками, а в дальнейшем и перекомпенсирован. Прогиб перестал быть седиментационной ловушкой, и обвально-оползневые массы и турбидитовые потоки вещества, сформированные в самом конце кайнозоя многочисленными клиноформами и лопасти конусов выноса, перехлестывали через северную часть развившегося спредингового хребта Книповича.

Можно констатировать, что чередование факторов неустойчивого ультрамедленного спрединга в хребте Книповича и воздымания Баренцевоморской окраины, - это те геодинамические обстановки, которые в совокупности привели к аномально быстрому тектоническому опусканию и формированию здесь глубокого periокеанического прогиба (Пушаровский, 2004, Шипилов, 2005, 2007). В результате восточный борт

Поморского прогиба подстилается континентальной корой переходного типа, западный – океанического, а его депоцентр маркирует границу между этими типами коры.

ГЛАВА 2. ГЕОМОРФОЛОГИЯ.

2.1. . Геоморфологический анализ подводной окраины Западного Шпицбергена.

При геоморфологическом анализе использовались трансформации батиметрической карты. Эти трансформации выполнялись с помощью стандартных программных средств: Surfer 7, Arc View GIS 3.x, модулей расширения Spatial Analyst (1996), 3-D Analyst (1997) (Васильева, Захаренко, 2005).

С геоморфологической точки зрения *шельф* - это полого наклоненное подводное продолжение материковой равнины. Вдоль северной и западной части о. Западный Шпицберген ширина шельфа варьирует от 20 до 70 км. О-ва Шпицберген и Медвежий имеют общий шельф с глубинами менее 200 м. Между о-вами Эдж и Медвежий простирается обширное мелководье, средняя часть которого с глубинами менее 50 м известна под названием Шпицбергенской банки. Южнее о. Западный Шпицберген в материковую отмель вдается желоб Южного мыса с глубинами 200-300 м, простирающийся к выходу в пролив Стур-фьорд.

Система неглубоких (50-150 м) краевых (продольных) желобов и некрутых (0,5°) склонов разделяет Западно-Шпицбергенский шельф на внутреннюю (прибрежную) и внешнюю части. Вдоль о. Принца Карла прибрежный шельф ограничен краевыми желобами (пролив - грабен Форландсуннет). Шельф расчленен глубокими (150-350 м) поперечными желобами Исдьюпет, Белльсундьюпет, Бредьюпет. Эти желоба (кроме желоба Бредьюпет) являются прямым продолжением на шельфовой равнине горных грабенообразных долин (фьордов) Западного Шпицбергена, образовавшихся в результате сводового неотектонического поднятия и дробления архипелага (Семевский, 1967; Матишов, 1978, 2001). Желоб Бредьюпет, не связан с современной сушей и является крупной котловиной с глубиной более 300м. (рис.3). Желоб Исдьюпет характеризуется цепочкой котловин, расположенных по линии тальвега, с глубинами до 350 м. В желобе Бельсундьюпет наблюдается крупная впадина с глубиной более 200м. Характерно, что все переуглубленные впадины приурочены к зонам контакта различных блоков, и их можно рассматривать с точки зрения тектонических проявлений. Однако их образование можно объяснять и выпахающей деятельностью ледника, связанной с его пластичностью и неравномерностью скорости движения.

Желоба часто соответствуют грабенам – опущенным блокам в разновозрастном фундаменте, подстилающем аккумулятивные шельфовые комплексы.

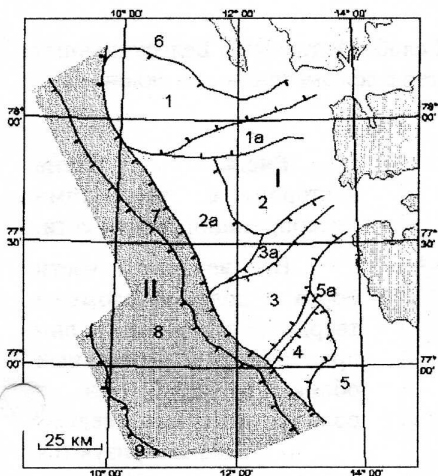


Рис. 3. Орографическая схема Западно-Шпицбергенского шельфа.

1 - желоб Исдьюпет, 1а - южный борт желоба Исдьюпет, 2 - банка Исфиорд, 2а - терраса Исфиорд, 3 - желоб Бельсундьюпет, 3а - северный борт желоба Бельсундьюпет, 4 - желоб Бредьюпет, 5 - банка Хорсунн, 5а - отрог Хорн, 6 - банка Принца Карла, 7 - бровка, 8 - континентальный склон, 9 - подножие континентального склона.

Возвышенности, выраженные на шельфах в виде отмелей и банок, соответствуют валам, сводам и

поднятиям в фундаменте и в различных горизонтах осадочного чехла.

Бровка шельфа совпадает с флексурно-разломной зоной, ниже которой формируется *континентальный склон* различной крутизны: в верхней, части -7° , в средней части от 2° до 4° , и в нижней от 2° до 1° . В данном районе бровка шельфа проходит примерно по изобате 400м.

Континентальный склон подстилается корой переходного типа. В северной части Поморского прогиба (прогиб Атка) граница коры океанического типа с запада, и коры переходного типа с востока пространственно соответствует бровке шельфа.

Континентальное подножие контролируется изобатами 2000-2100м. Здесь размещаются конусы выносов подводных каньонов.

Следует заметить, что такие крупные океанические морфоструктуры, как континентальное подножие, срединно-океанический хребт Книповича, абиссальная котловина лежат за пределами района исследования, однако они важны для понимания процессов, протекающих в области перехода континент - океан. Поэтому, в разделе представлена обзорная схема морфоструктур Норвежско-Гренландского океанического бассейна (Захаренко, Васильева, 2005) и дается их краткая характеристика.

2.2. Элементы и формы субэзарального происхождения.

Фиордовые желоба, как аналоги речных долин. Особенности речной сети Шпицбергена и шельфовой зоны охарактеризованы ранее в работах Матишова (1984, 2002), Тарасова (2000). Для анализа подводных долин использовалась карта векторов (Захаренко, Васильева, 2005, рис. 4). На сейсмоакустических профилях речная сеть представлена фрагментами погребенных палеорусел, приуроченных к склонам желобов Исдьюпет и Бельсундьюпет, что свидетельствует о субэзаральном этапе в развитии этих

желобов, как крупных русловых долин. Желоба Исдьюпет и Бельсундьюпет имеют ярко выраженный троговый характер с асимметричными склонами.

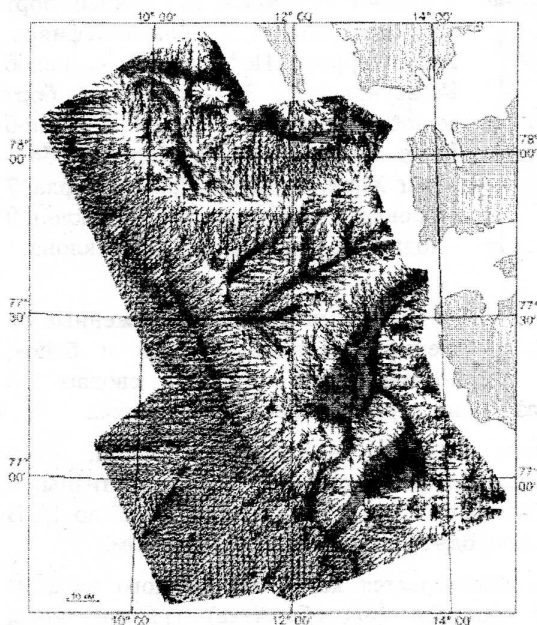


Рис.4. Схема векторов с элементами интерпретации речной сети.

В верхней части борта долин сложены твердыми породами, и они приобретают типичный облик фиордов, но в области внешнего шельфа характеризуются несоразмерно широкими долинами по сравнению с размерами дренирующих их водотоков. Это обстоятельство можно объяснить преобладанием боковой эрозии в рыхлых четвертичных отложениях, а также, возможно, интенсивностью криогенно-

склоновых процессов в плейстоценовый период.

Отмечаются плановые соотношения подводных долин шельфа с подводными каньонами и конусами выноса на континентальном склоне, что говорит о транзитном канализованном перемещении в регрессивные эпохи терригенного материала к подножию и абиссальным глубинам в океане.

Ледниковый рельеф на шельфе представлен выработанными и аккумулятивными формами. Среди первых наиболее распространены трои, среди вторых – конечные и стадияльные морены и моренные комплексы. По сейсмоакустическим разрезам были выделены различные типы морен, местонахождение которых в плане подтверждается анализом карты локальных форм рельефа. Небольшие положительные формы, расположенные вдоль изобат характеризуют стадияльные морены. К подводным формам ледниковой аккумуляции относятся гряды серповидной формы, с крутым проксимальным склоном, замыкающим ледниковые долины. Конечноморенные комплексы характеризуются сложным рельефом, включающим положительные (морены) и отрицательные (озерные котловины, межморенные понижения) формы.

Обширные поля мертвого льда возникали при деградации древних, особенно покровных, оледенений. В фазу деградации оледенения в

формировании рельефа значительную роль играет накопление абляционной морены. Первоначально оно совершается поверх еще не растаявших полей мертвого льда и обычно сопровождается перестройкой наледникового рельефа, миграцией и частичным перемывом морены, которая к концу абляции накапливается в понижениях между глыбами мертвого льда и после их окончательного стаявания формирует инверсионный холмисто-западинный моренный рельеф. В районе работ абляционные морены развиты на плато Исфиорд, в частности, в области понижения, предопределенного трещинной тектоникой и в зоне перехода к террасе.

Формы ледниковой денудации расположены на возвышенных частях банок, окаймляющих островную сушу и по площади имеют относительно небольшое распространение.

Рельефообразующая деятельность талых ледниковых вод. Талые ледниковые воды принимают деятельное участие в процессах интрагляциального морфогенеза. В зависимости от условий дренажа эти воды стекают свободно в дистальном направлении или вдоль края ледника, а при встречном уклоне и затрудненном стоке скапливаются в виде подпруженных льдом застойных и полужастойных водоемов (приледниковых плотинных озер). В тех местах, где воды по условиям приледникового рельефа текут вдоль края ледника, они вырабатывают маргинальные и субмаргинальные дренажные каналы, которые отмечаются по карте локальных форм рельефа вытянутыми линияментами отрицательных значений. В условиях свободного стока талых вод в дистальном направлении, у остановившегося края ледника наряду с конечной мореной образуются зандровые формы рельефа.

Зандровые конусы возникают в местах выхода из-под ледника мощных потоков талых вод, перегруженных песчано-гравийно-галечным материалом. Зандровые поля в районе подводной окраины Западного Шпицбергена развиты по обе стороны плато Исфиорд, что подтверждается результатами донного опробования, иллюстрируется сейсмоакустическими разрезами.

2.3. Колебания уровней Мирового океана (основные террасовидные уровни). В районе подводной окраины Западного Шпицбергена распространены выработанные абразионные, экзарационно-абразионные и аккумулятивные морские раннеголоценовые уровни на глубинах 40—80 м.

Абсолютные отметки от -100 до -120 м характеризуют ледниково-морские аккумулятивные уровни, развитые на банках Исфиорд и Хорнсунн, образованные на начальных стадиях фландрской трансгрессии в эпоху низкого стояния уровня Мирового океана на рубеже позднего неоплейстоцена и раннего голоцена. Террасовидные уровни на глубинах 120-160 и 160-180 м были выработаны в ходе позднеледниково-неоплейстоценовой трансгрессивно-регрессивной фазы неоген-четвертичного (эвстатического)

цикла. Субгоризонтальные поверхности на глубинах 200-250 м были сформированы в эпоху трансгрессивно - регрессивной средне-неоплейстоценовой фазы. Аккумулятивная поверхность уровня 180- 240 м распространена как осложняющая терраса на пологом склоне банки Исфиорд и обращенной в сторону океана. Такое же гипсометрическое положение занимает ледниково-морская аккумулятивная поверхность в днище желоба Бельсундьюпет. Террасовидные уровни на глубинах 240-300 м, очевидно, с начала неоплейстоцена развивались в субаквальных условиях.

2.4. Основные тектонические нарушения и их выраженность в рельефе дна.

Разломы проводились на карте локальных форм рельефа с привлечением данных МОВ ОГТ. Нами проведена генерализация тектонических нарушений и, исходя из того, что направление разломов характеризует геодинамические условия их образования, по направленности выделены и рассмотрены основные группы: *Разломы северо-западного простирания*, параллельные линии берега, *разломы северо-восточного простирания*, перпендикулярные линии берега, создающие вместе с ранее описанными разломами ортогональную сеть, характерную для неотектоники и *разломы северо-северо-западного направления (океанические)* являющиеся опережающими по отношению к осевой части прогиба Атка. В результате составлена схема тектонических нарушений, выраженных в рельефе дна.

Морфологическое выражение дизъюнктивов определяется также литологическим составом горных пород, мощностью рыхлых несцементированных отложений и физико-географическими факторами. С увеличением мощности плаща рыхлых отложений количество видимых линейных элементов резко убывает.

2.5. Соотношение экзогенных и эндогенных процессов. Подводная окраина Западного Шпицбергена на различных этапах своего развития характеризуется различным соотношением как мощных экзогенных, прежде всего, ледниково-деструктивных и ледниково-аккумулятивных процессов, так и эндогенных. Совмещенный профиль сейсморазведки ОГТ и сейсмоакустического профиля НСП 22017 позволяет рассмотреть соотношение экзогенных и эндогенных процессов в неоген-четвертичный период развития региона (рис. 5).

С запада на восток профиль пересекает континентальный склон и подножие, область внешнего шельфа, и на востоке подходит к острову Земля Принца Карла.

В неогеновый период наблюдаются протяженные системы горстообразных валов и грабенов.

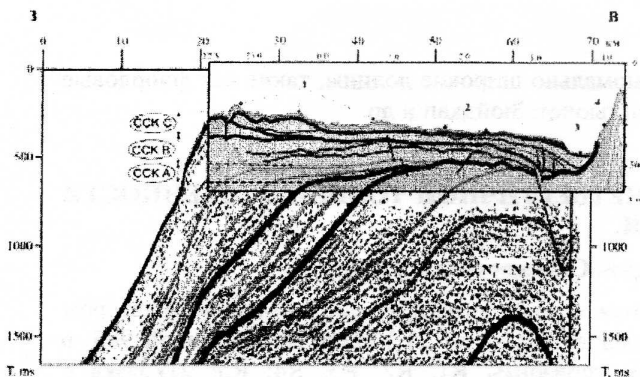


Рис.5.

Совмещенный профиль сейсморазведки МОВ ОГТ и сейсмоакустики НСП 22017

$N_1^1-N_1^2$ -неогеновый комплекс, ССК А – эоплейстоценовый комплекс, ССК В - нижне-

среднеплейстоценовый комплекс, ССК С - средне-верхнеплейстоценовый комплекс; – моренные гряды; 2 – холмисто-западинный рельеф; 3 - тальвег желоба Исдьюпет; 4 - куэсто-грядовый рельеф; 5 – континентальный склон

В связи с общим поднятием территории к концу верхнего неогена усиливаются экзогенные процессы, что ведет к денудации валов, выполнению грабенов и формированию конусов выноса в виде «раздувов» на континентальном склоне и подножии, что свидетельствует об интенсивности и масштабности экзогенных процессов.

На заключительных стадиях неотектонического этапа деструктивные процессы в Западной Арктике охватывают примыкающие к окраинно-материковой плите периферийные зоны внутриматериковых плит, эпиплатформенных орогенов и щитов. На побережьях образуются «поперечные» грабены, ограниченные дизъюнктивами более высокого порядка, ортогональными бортам фиордов и субпараллельными линии сбросового побережья. Нередко они наследуют зоны сбросо-сдвигов и приурочены, таким образом, к длительно существующим ослабленным зонам земной коры. В их развитии велика роль неоднократных оледенений, когда гляциоизостатические подвижки приводили ко все большему раскрытию грабенов. Вдоль этих грабенов нередко прослеживается лановое смещение гидросети или они сами смещаются ортогональными нарушениями, что свидетельствует о молодых сдвиговых деформациях.

Последовательный деструктивный процесс на Западно-Арктической континентальной окраине соответствует, видимо, инициальной стадии тафрогенного режима земной коры (Мусатов Е. Е., Мусатов Е. Г., Шипилов Э. В.), который характеризуется образованием глубоких некомпенсированных впадин и трансформаций в конечном итоге, переходе коры континентального типа в «океаническую». Можно заключить, что классические фиордовые побережья расположены там, где более молодой тафрогенный режим накладывается на древний континентальный (платформенный или орогенный). Четвертичные оледенения, эродировав часть рыхлых осадков в днищах фиордов, лишь подчеркнули их

морфоструктуру, создав аномально широкие долины, такие как фиордовые долины Исдьюпт и Бельсундьюпет, Зюйдкап и др.

ГЛАВА 3. СТРОЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ. ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ.

3.1. Методы интерпретации. Сейсмостратиграфия.

В разделе описываются методы интерпретации, проводимой автором по разрезам НСАП в последовательности: 1) Увязка со скважиной 986, в результате чего выделены горизонты R1, R2, R3, R4; R5; 2) Увязка с сейсморазведкой МОВ ОГТ по горизонту R4; 3) Батиметрический контроль; 4) Анализ волнового поля. В разделе дается характеристика сейсмостратиграфических комплексов.

В разрезе четвертичных отложений по данным НСАП выделены следующие сейсмостратиграфические комплексы: эоплейстоценовый (ССК А), нижнесреднеоплейстоценовый (ССК В), верхнеоплейстоцен — голоценовый (ССК С) и 6 подкомплексов (рис.6).

Дополнительно, по сейсмическим данным выделяется нижнеоплейстоценовый ССК, который распространен повсеместно на Шпицбергенской континентальной окраине и представляет собой проградационную клиноформу. Присутствие обломочного материала в керне скважины 986 в нижнеоплейстоценовых отложениях может свидетельствовать о выдвигании ледников на шельф.

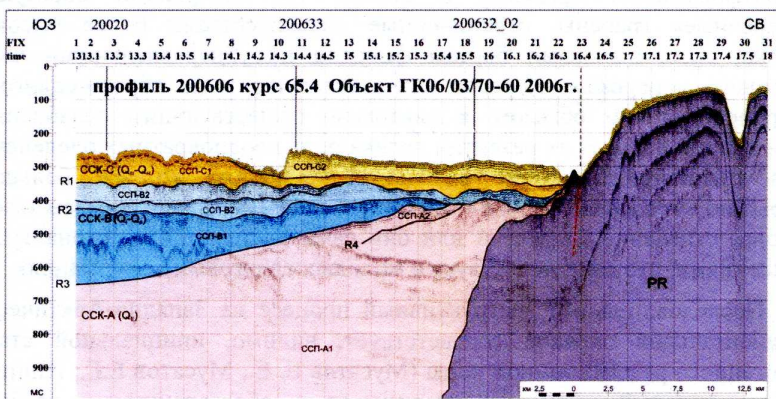


Рис. 6. Пример интерпретации по профилю 200606.

3.2. Сейсмогеологическая характеристика разреза. Пример интерпретации.

Характерная черта неоплейстоценового осадконакопления — цикличность. Цикличность связана как с чередованием ледниковых эпох и

межледниковый, так и с трансгрессивно-регрессивными циклами. Условия осадконакопления и характер изменения мощности иллюстрируются разрезом по профилю 200519, пересекающим Зюйдкапский желоб в субмеридиональном направлении от Шпицбергенской банки до банки Серкапп (рис. 7).

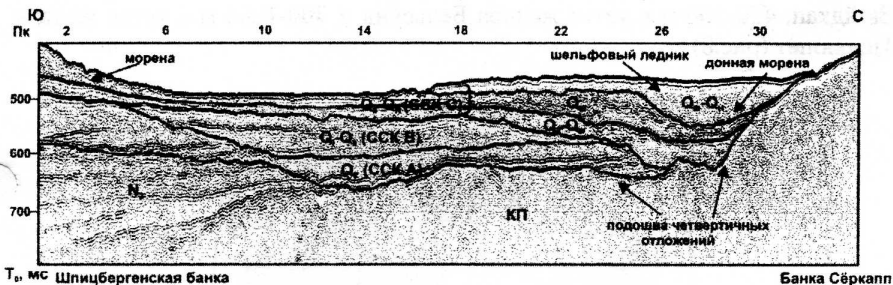
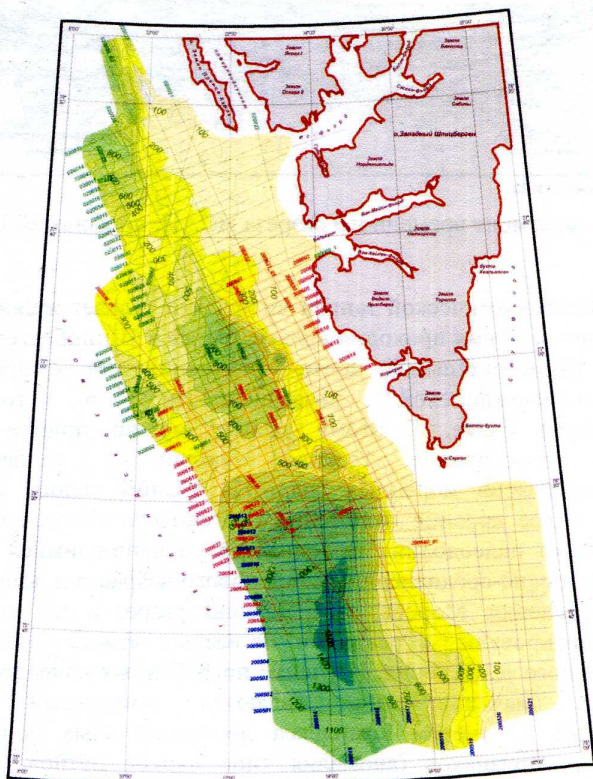


Рис. 7. Фрагмент временного разреза НСАП, профиль 200519_01:

На сейсмоакустической записи видно, что тальвег желоба в неоген-эоплейстоценовое время проходил южнее, ближе к Шпицбергенской банке. Небольшой самостоятельный центр оледенения мог существовать на Медвежинско-Надеждинской возвышенности, а точнее, на Шпицбергенской банке. К этому выводу можно прийти на основе радиального простираения троговых долин и концентрического расположения поясов моренных гряд. На южном склоне палеожелоба обнажаются более древние отложения неогенового и эоплейстоценового возраста, а сама палеодолина выполняется сохранившимися от размыва отложениями нижне-среднеэоплейстоценового возраста и донной мореной рисского оледенения. Морена, завершающая разрез в его южной части, сложена несортированными осадками. Ее возраст можно отнести к ранней стадии вюрмского оледенения. Изучение погребенных палеодолин имеет и практическое значение: они являются ловушками россыпных месторождений. С учетом комплекса дополнительных сопутствующих благоприятных признаков (аномалия типа «яркое пятно», повышенная концентрация тяжелых минералов), зону погребенной троговой долины, а в особенности в юго-западной прибрежной части, где усилены процессы аккумуляции, можно отнести к перспективным участкам.

3.3. Анализ изменения мощности. На Шпицбергенском шельфе развитие четвертичных отложений подчиняется принципу зональности: от областей денудации в прибрежных районах к области аккумуляции в сторону океана. Минимальные мощности наблюдаются на банках, обрамляющих остров Западный Шпицберген. На этих участках на поверхность дна выходят коренные породы и они контролируются изобатами 60-80 м.

Наращивание мощностей параллельно линии современного берега характеризует положение древних береговых линий. Зоны увеличения мощности субширотной направленности отмечают каналы транзита материала в направлении моря и участки его аккумуляции, достигающих значительных величин в конусах выноса желобов. У бровки шельфа и на континентальном склоне мощность достигает 320—480 м в устье желоба Зюйдкап, 450-500 м в устье желоба Бельсунд и 700-1000 м в устье желоба Исдьюпет (рис.8).



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
ШКАЛА МОЩНОСТИ В М**

Метры 200 400 600 800 1000 1200 1400 Больше

- 020025** Профили МОВ ОГТ 2003-04 гг.
(Западно-Шпицбергенский шельф)
- 200514** Профили МОВ ОГТ 2005 г.
(Южно-Шпицбергенский шельф)
- 200618** Профили МОВ ОГТ 2005-06 гг.
(Юго-западный Шпицбергенский шельф)
- 100** Изопахиты в м (проведены через 100 м)

Рис. 8. Карта мощности неоплейстоцен-голоценовых отложений.

3.4. Лавинная седиментация. Для Шпицбергенской континентальной окраины характерен лавинный тип седиментации, продолжавшийся и в плейстоцене. Лавинная седиментация - это процесс очень быстрого, лавинного накопления осадочного материала на участках дна водоемов, который приводит к возникновению уникальных свойств донных отложений и пород и имеет важные тектонические следствия — ведет к изостатическому прогибанию земной коры, что в свою очередь приводит к созданию особых термобарических условий. Лавинная седиментация создает условия, благоприятные для сохранения органики, что способствует процессам диагенетического перераспределения элементов, возникновению новых минеральных образований, минеральных и геохимических парагенезов, характерных для этой среды, способствует преобразованию ассейнных форм органики в нефть и газ. (Лисицын, 1988).

Области лавинной седиментации опоясывают континенты и занимают полосу, переходную между континентом и океаном, а также прилежащие части океана (континентальное подножие, краевые части абиссальных равнин). В эту область включаются устья рек, шельфы, континентальный склон.

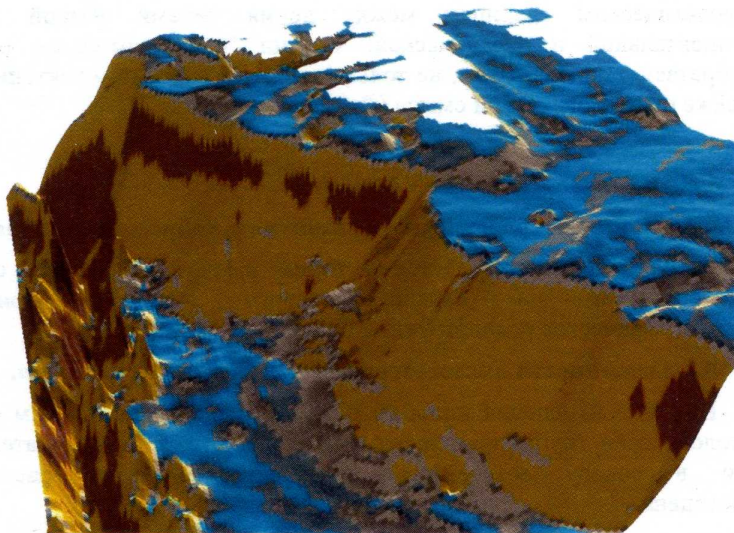


Рис.9. Объемная модель по карте углов наклона. Конусы выноса.

В районе работ выявлены два уровня лавинной седиментации: первый, верхний уровень приурочен к бровке шельфа, особенно к устьям желобов, и второй нижний, с образованием конусов выноса на континентальном склоне и подножии. На верхнем уровне, в устье Ис-фиорд обнаружена аномалия типа «Факел». Следует отметить, что приуроченность нефтегазовых месторождений к устьевым областям больших древних рек уже давно отмечалась геологами-нефтяниками.

На нижнем уровне, в пределах Шпицбергенской континентальной окраины в распределении мощностей установлено три эоплейстоценовых конуса выноса: Стурфьордский, Хорнсуннский и общий для заливов Ис-фьорд-Бельсунн.

На склоне Поморского прогиба выделяется зона развития аккумулятивного тела, накопившегося, по всей видимости, в условиях турбидитных потоков с проградирующего палеосклона. С этой зоной могут быть связаны ловушки литологического типа. Зона развития аккумулятивных тел линейно вытянута вдоль склона разломной зоны Хорнсунн, отражая перемещение осадков вниз по склону, формирующегося в палеоцен – эоценовое время. Размеры зоны развития аккумулятивных тел от 100 до 300 кв. км.

Главное скопление осадочного вещества на современном этапе и в геологическом прошлом отвечает главным тектоническим и морфологическим границам между двумя типами земной коры - континентальной и океанической. Термин "континентальная окраина" приобретает, таким образом, не только морфологический и тектонический, но также и литологический смысл (Лисицын, 1988).

ГЛАВА 4. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ.

4.1. История геологического развития в кайнозойский этап.

В разделе кратко дается история развития западной окраины Шпицбергенского и Баренцевоморского шельфов. Приводятся палеогеографические реконструкции (Worsley D., 2006).

4.2. Особенности палеогеографии в четвертичный период.

Крупные изменения природы в плейстоцене определенным образом хронологически группируются, отмечались многими исследователями, и легли в основу возрастного и стратиграфического расчленения плейстоцена.

Плиоцен - эоплейстоценовый этап. В плиоцене климат был близок к современному, хотя и немного теплее. Начало этапа ознаменовано плиоценовой трансгрессией и похолоданием, приведшим к образованию ледниковых покровов (Ласточкин, Федоров, 1978; Матишов, 1984, Vogten, 1992; Crane & Solheim, 1995). В конце плиоцена и эоплейстоцене продолжились эрозионные и денудационные процессы. В это время

крупнейшие орографические элементы островов архипелага Шпицберген приняли очертания, близкие к современным (Семевский, 1976). В эоплейстоцене на шельфе Западного Шпицбергена господствовало аллювиальное и дельтовое осадконакопление, на сейсмоакустической записи представленное сейсмокомплексом (ССК-А).

Ранний - средний неоплейстоцен. Неоплейстоценовый этап начался с обширной трансгрессии. Ее главной причиной было общее тектоническое погружение континентальной окраины (Мусатов, 1996). На этом этапе регион был подвержен неоднократному воздействию оледенений и трансгрессий в периоды межледниковий. Во второй половине среднего плейстоцена во время гляциоизостатической регрессии максимума четвертичного оледенения до абсолютных отметок -200 м гляциальные процессы господствовали как на архипелаге, так и осушенном шельфе. Наиболее мощным оледенением, по мнению ряда авторов (Лаврушин, 1969; Троицкий и др., 1975; Матишов 1978; 1985; 2002; Мусатов, 1989), в регионе являлось среднее неоплейстоценовое. Эта эпоха сопоставляется с иллинойским оледенением в Северной Америке, заале в Западной Европе, рисским в Альпах, днепровско-московским на Русской платформе и самаровско-тазовским в Западной Сибири. В это время ледники практически полностью перекрывали острова архипелага Шпицберген и доходили до бровки шельфа. Ледниковые потоки деформировали поверхность коренных пород и способствовали переуглублению фиордов. Морская трансгрессия охватила их ныне погруженные части, где был сформирован плащ морских и ледниково-морских образований, объединяемых в сейсмоакустический комплекс «В».

Поздний неоплейстоцен - голоцен. Новая морская трансгрессия, в связи с таянием ледников и гляциоэвстатическим повышением уровня Мирового океана, проявилась в начале позднего неоплейстоцена в бореальную (рисс-вюрмскую по Альпийской, сангамонскую по Северо-Американской региональным стратиграфическим шкалам). Именно в это время практически вся территория оказалась ниже базиса эрозии и вступила область нормального морского осадконакопления. Формируется сейсмокомплекс (ССК-С).

Ранний вюрм (Зырянское время) характеризуется обширным оледенением (Troitsky et al., 1979). В это время, по-видимому, были сформированы моренные гряды в районе желобов Бельсундренна, Исфиордренна. В позднем вюрме (Вюрм III, Сартанское) регион вновь был подвержен воздействию оледенения. Уровень моря упал до отметки - 110-140 м (Матишов, 1978). На склонах банок установлены сартанские конечные морены до глубин 120-140 м.

Бореальная морская трансгрессия продолжалась уже в условиях существенного похолодания и иссушения климата на протяжении почти всего позднего неоплейстоцена. Оледенение явилось следствием

(Зархидзе, Мусатов, 1989,1989) миграции циклонической деятельности в сартанское время: циклоны, смещаясь от исландского минимума на восток, доходили до осушенных пространств банок, а также самого острова Шпицберген и других островов архипелага, принося туда достаточное количество для формирования покровного оледенения твердых атмосферных осадков.

С наступлением последней (фландрской) морской трансгрессии сартанские ледники испытали в конце плейстоцена - начале голоцена интенсивное таяние. При этом они поставляли огромное количество обломочного материала на континентальный склон и его подножие. При исключительно быстром темпе трансгрессии на рубеже плейстоцена и голоцена покровные ледники, видимо, оказывались на плаву, вследствие чего в условия прогрессирующего потепления климата проистекали катастрофические явления, описанные в литературе как сдвиг ледниковых щитов (Гросвальд, 1983; Матишов, 1984; Drewry, 1986) на их контакте с морским бассейном. При экстремально быстром их распаде и таянии в бассейн поступало гигантское количество осадочного материала типа "ледникового молока". И, наконец, отсюда же вытекает объяснение факта нахождения ледниково-морских толщ на максимальных глубинах бассейна, близ подножий крутых склонов, где и была сосредоточена лавинная (Лисицын, 1991) гляциально-морская седиментация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении изложены основные выводы по результатам данного исследования, а именно:

1. В формировании различных типов рельефа и условий осадконакопления доминирующую роль сыграло блоковое строение района и резко дифференцированные неотектонические движения. Все крупные морфоструктуры Шпицбергенского шельфа сформированы в результате эндогенных процессов, в то время как средние и мелкие формы связаны преимущественно, с экзогенными процессами.

Однако, наряду с проявлениями четвертичного вулканизма и возобновлениям тектонической активности по старым разломным зонам, в четвертичный период резко возрастает роль экзогенных процессов, связанных с изменениями климата и общим поднятием территории. С конца неогена и на протяжении плейстоцена происходит эрозия таких крупных поднятий в области внешнего шельфа, как Горст Принца Карла и других протяженных валов, имевших место в неогене, что свидетельствует о масштабности эрозионных процессов.

2. Особенностью осадконакопления Шпицбергенского шельфа является лавинная седиментация. Выделены два уровня повышенной седиментации: верхний - у бровки шельфа, формирующий его проградацию, и нижний -

конусы выноса в нижней части континентального склона и на континентальном подножии. Их депоцентры пространственно приурочены к продолжению фиордовых долин. Проградация осадочных клиньев – региональная особенность северо-западной Европейско-Атлантической окраины, датируемая с раннего плейстоцена. В пределах Шпицбергенской континентальной окраины в распределении мощностей установлено три эпохейстоценовых конуса выноса: Стурфьордский, Хорнсуннский и общий для заливов Ис-фьорд-Бельсунн. Максимальная мощность отложений отмечена в конусе выноса Ис-фьорд-Бельсунн и составляет 1000 м.

3. Оледенение на Западно-Шпицбергенском шельфе носило асимметричный характер в связи с преобладающим прогревом южных и юго-западных склонов. По направлению к югу и юго-западу возрастает роль флювиогляциальных потоков. На большей части внешнего шельфа, перигляциал позднеюрмского (валдайского) оледенения в виде продуктов деятельности флювиогляциальных потоков наложен на гляциальные и перигляциальные отложения более древних оледенений (в частности, раннеюрмского). Наличие трогов, морен, погребенных фрагментов речных каналов, свидетельствует о субаэральном этапе развития современного континентального шельфа. Общие изменения в плейстоцене, связанные с колебаниями климата, усиливаются региональными особенностями: местоположением в области перехода «континент-океан», близостью ледниковых щитов, а также близостью хребта Книповича и влиянием геодинамических событий, происходящих в Арктике.

4. Получено более полное представление о геологическом строении, палеогеографии и особенностях осадконакопления в районе Шпицбергенской континентальной окраины и примыкающей части Норвежско-Гренландского бассейна в четвертичный период. Сейсмостратиграфический анализ и расчленение четвертичной толщи на комплексы и подкомплексы является необходимым подготовительным этапом к последующему геологическому картированию шельфа.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Самойлович Ю.Г., Захаренко В.М., Захаренко В.С. Методика стратиграфической интерпретации сейсмоакустических данных при мелкомасштабной геологической съемке Кольского шельфа. //Сборник Геофизические исследования на Европейском Севере СССР, Апатиты, изд. Кольского филиала АН СССР, 1983, с.55-67.

2. Захаренко В.С., Шкарубо С.И. Сейсмостратиграфическая характеристика и геологическое строение осадочного чехла Шпицбергенского шельфа и Норвежско-Гренландского океанического бассейна. //Ученые записки МГПИ, Мурманск, 2002.

3. Васильева Е.Г., Захаренко В.С. Использование альтернативных форм представления информации при построении геоморфологической карты Западно-

Шпицбергенского шельфа. //Сборник материалов V международной конференции. Апатиты, изд. РАН, 2005, с.154-157.

4. Беляев В.Н., Захаренко В.С., Васильева Е.Г., Федухин Н.Н. Геоморфологический анализ подводной окраины Западного Шпицбергена. //Сборник материалов V международной конференции. Апатиты, изд. РАН, 2005, с.96-107.

5. Захаренко В.С., Васильева Е.Г. Морфоструктурное районирование Западно - Шпицбергенской континентальной окраины. //Материалы IV Международной конференции. РГПУ, С-Пб, 2005.

6. Захаренко В.С., Использование картометрического метода при геолого-геоморфологическом районировании побережья Кольского полуострова //Материалы IV Международной конференции. РГПУ, С-Пб, 2005.

7. Захаренко В.С. История геологического развития и палеогеография Западно-Шпицбергенского шельфа в период позднего кайнозоя. //Материалы IV Международной конференции. РГПУ, С-Пб, 2005.

8. Шпилов Э.В., Тюремов В.А., Глазнев В.Н., Шкарубо С.И., Осипенко Л.Г., Голубев В.А., Захаренко В.С., Крисанова Е.А. О тектоническом преобразовании северо-западного сегмента баренцевоморской континентальной окраины //Сборник материалов V международной конференции. Апатиты, изд. КНЦ РАН, 2005, с.266-269.

9. Захаренко В.С., Васильева Е.Г. Анализ соотношения морфоструктур и глубинного строения подводной окраины Западного Шпицбергена. //33 сессия международного научного семинара «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей», Екатеринбург, РАН, Уральское отделение Евро-Азиатского геофизического общества, Институт геофизики, 2006.

10. Захаренко В.С. Основные модели образования газогидратов, особенности и предпосылки их проявления в морской части Западного Шпицбергена по результатам сейсмоакустических работ. //Ученые записки, географические науки. МГПУ, Мурманск, 2007.

11. Захаренко В.С. Основные принципы построения геоморфологической карты Западно-шпицбергенской континентальной окраины. //Ученые записки, географические науки. МГПУ, Мурманск, 2007.

12. Захаренко В.С., Тарасов Г.А., Парамонова М.С., Проконина М.В., Шлыкова В.В. Строение четвертичной толщи Южно-Шпицбергенского шельфа по данным сейсмоакустики. Журнал «Разведка и охрана недр», №9, Москва, 2007.

13. Захаренко В.С., Тарасов Г.А., Романченко А.В., Матишов Г.Г., Соотношение экзогенных и неотектонических процессов в неоген-четвертичный период на акватории Западно-Шпицбергенского шельфа. // Доклады Академии Наук, том 416, №5, Москва, 2007.

Отпечатано в ООО «Полиграфист», г. Мурманск, ул. Шмидта, 43
Заказ 570. Подписано в печать 10.10.2008 г. Тираж 100 экз.
Бумага офсетная. Формат 60x84/16