

УДК 553.981.04 + 551.35 (248 : 268.45)

Седиментация и геологическое строение подводной окраины Западного Шпицбергена

В.С. Захаренко

*Факультет естествознания, физической культуры и безопасности
жизнедеятельности Мурманского государственного гуманитарного
университета, кафедра географии и экологии*

Аннотация. Анализ четвертичных отложений исследуемой акватории по сейсмоакустическим данным (ОАО МАГЭ) показывает, что для них характерна определенная последовательность и ритмичность накопления, формировавшихся в ледниковые и межледниковые эпохи. Впервые выделены два уровня повышенной седиментации: верхний – у бровки шельфа и нижний – конусы выноса на континентальном подножии. Выявленное в результате данного исследования накопление мощных осадочных масс объясняется лавинной седиментацией, которая, в свою очередь, связана с тектонической обстановкой и геодинамическими условиями в переходной зоне "континент – океан". Важным результатом проведенных исследований является также факт установления аккумулятивной природы внешней части Шпицбергенского шельфа.

Abstract. Quaternary sediments analysis of the investigated offshore zone has shown certain sediment succession formed during glacial – interglacial periods. Two levels of higher intensity sedimentation have been revealed for the first time: the upper level within the shelf edge, and the lower one represented by sedimentary fans within the continental rise. Thick sedimentary accumulation units revealed as a result of the research might be accounted for avalanche sedimentation rate which could be explained in its turn by tectonics and geodynamic conditions within the "ocean – continent" transition zone. The important result of this study is also definition of accumulative nature of the Svalbard's outer shelf.

Ключевые слова: континентальная окраина Западного Шпицбергена, сейсмоакустическое профилирование, конусы выноса, четвертичная геология, лавинная седиментация

Key words: West-Svalbard continental margins, seismic-acoustic sounding, sedimentary fans, Quaternary period, avalanche sedimentation

1. Введение

Исследование седиментогенеза Западно-Арктического шельфа и подводной окраины Западного Шпицбергена, в частности, привлекает внимание ученых разных стран. Это связано с тем, что при большом научном интересе к самому Шпицбергену – уникальному пространству, открытому для международных научных экспедиций, его внешний шельф и, особенно, континентальный склон и его подножье изучены до сих пор недостаточно. Сочленение нескольких крупных тектонических структур, близость современных рифтовых зон, современное покровное оледенение и мощное ледниково-морское осадконакопление – все это делает этот вопрос ключевым для моделирования процессов седиментогенеза на гляциальных шельфах.

Планомерные комплексные геолого-геофизические исследования ведутся здесь с 2003 года силами Морской арктической геолого-геофизической экспедиции г. Мурманска. В результате этих работ получены сведения о фундаменте, изучено строение осадочного чехла, особенности осадконакопления, выражающиеся в лавинных темпах седиментации с формированием конусов выноса на континентальном склоне и подножии (Захаренко, 2008; Захаренко и др., 2010; Шитилов, Шкарубо, 2007). Для изучения верхней части разреза, в комплексе с другими видами работ проводилось непрерывное сейсмоакустическое профилирование, интерпретация полевых материалов которого проводилась автором.

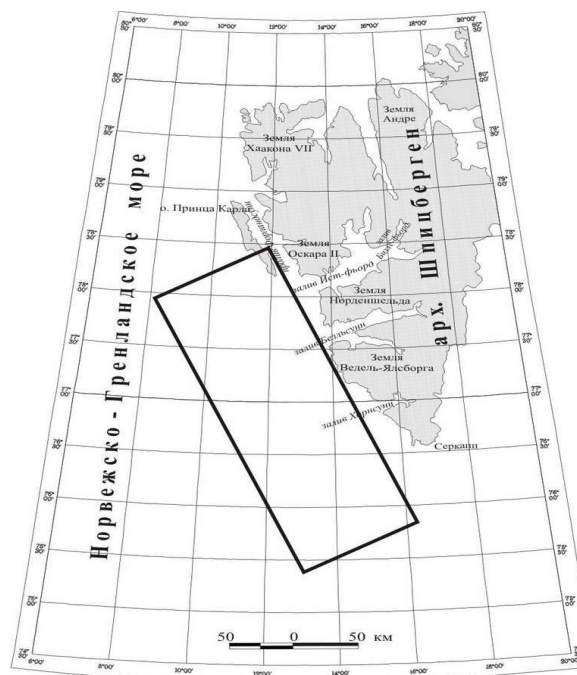


Рис. 1. Район исследования

2. Методы интерпретации

Интерпретация волнового поля по геофизическим разрезам, а также построение карт осуществлялось с помощью цифровой интерактивной системы Kingdom Software 8.2 SMT. Выделение сейсмокомплексов проводилось в следующей последовательности: 1) увязка со скважиной 986. В результате, выделены горизонты R1, R2, R3, R4; 2) увязка с сейморазведкой МОВ ОГТ по горизонту R4; 3) батиметрический контроль; 4) анализ волнового поля; 5) при геоморфологическом анализе использовались математические 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).

3. Морфоструктурная характеристика района исследования

Шельф. Край шельфа располагается вдоль банок на глубинах 170-230 м. В местах его расчленения поперечными желобами глубина достигает 250-340 м. 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 вдаётся желоб Южного мыса с глубинами 200-300 м, простирающийся к выходу в пролив Стур-фьорд. По мере движения на юг глубина Баренцева моря увеличивается и составляет в основном свыше 200 м.

В морфоструктурном плане банки следует рассматривать как структурные плато с небольшим наклоном поверхности к внешнему краю шельфа. Шельф расчленен глубокими (150-350 м) поперечными желобами Исдьюпет, Бельсундьюпет, 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 (Матишов, 1984). Желоб Бредьюпет не связан с современной сушей и является крупной котловиной с глубиной более 300 м.

Континентальный склон и подножие. Континентальный склон начинается резким перегибом на бровке шельфа с крутыми углами наклона в верхней, прибрежной части (4-7°), в средней части углы наклона составляют от 2° до 4° и в нижней от 2° до 1°. Подножие континентального склона характеризуется углами 0.5-1° и контролируется изобатами 2000-2100 м. Склон осложнен обвальным участком на севере и разломом ССЗ 30° направления сдвигового характера, что, вероятно, связано с действием тангенциальных сил и неравномерным погружением различных блоков окраины континента. Континентальный склон в средней и нижней части осложнен конусами выноса, особенно, на продолжении желобов, что связано с интенсивным выносом терригенного материала.

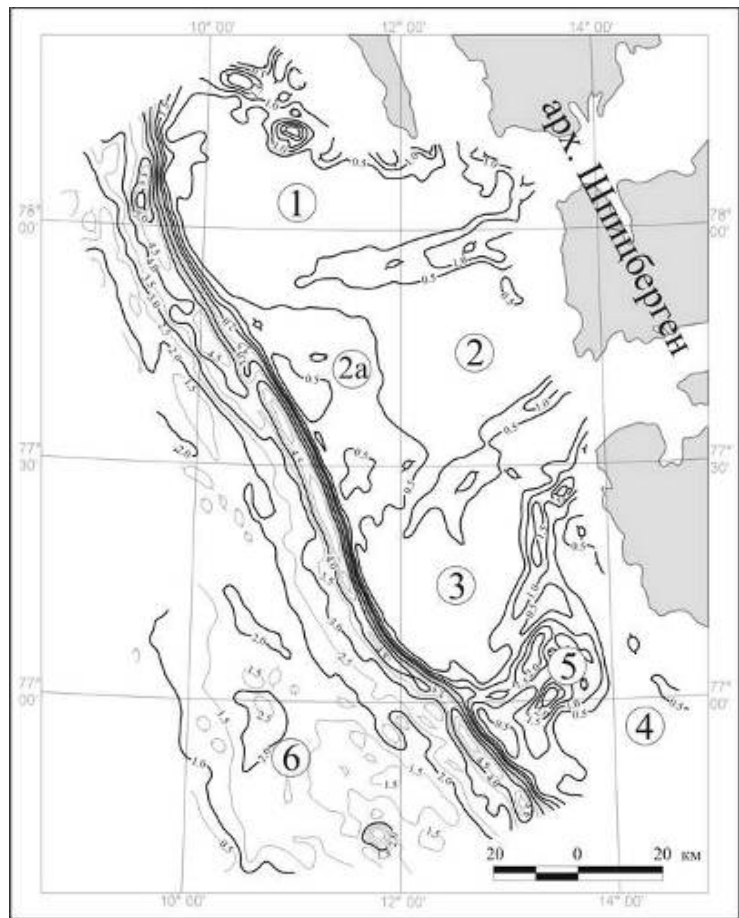


Рис. 2. Карта углов наклона (Васильева, Захаренко, 2005; Захаренко, 2008)

изолинии углов наклона, в градусах проведены через 0.5°;

- 1 – желоб Исдьюпет;
- 2 – плато Исфьорд;
- 2а – терраса Исфьорд;
- 3 – желоб Бельсундьюпет;
- 4 – плато Хорнсунд;
- 5 – желоб Бредьюпет;
- 6 – континентальный склон и подножье

4. Сейсмогеологическая характеристика разреза

В разрезе четвертичных отложений по данным непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП) выделены следующие сеймостратиграфические комплексы: эоплейстоценовый (ССК А), нижнесреднеплейстоценовый (ССК В), верхнеплейстоцен – голоценовый (ССК С) и 6 подкомплексов (рис. 3). Дополнительно, по сейсмическим данным выделяется нижнеэоплейстоценовый ССК (сеймостратиграфический комплекс), который распространен повсеместно на Шпицбергенской континентальной окраине и представляет собой проградационную клиноформу. Проградация осадочных клиньев – региональная особенность северо-западной Европейско-Атлантической окраины, датируемая с раннего плейсцена.

Присутствие обломочного материала в керне скважины 986 в нижнеэоплейстоценовых отложениях может свидетельствовать о выдвигании ледников на шельф (Matushev, 1984; Solheim et al., 1998; Forsberg et al., 1999), что подтверждается и нашими работами.

Анализ четвертичных отложений исследуемой акватории по данным НСП показывает, что для них характерна определенная последовательность и ритмичность накопления, формировавшихся в ледниковые и межледниковые эпохи.

Обычно в разрезе выделяются несколько горизонтов ледниково-морских осадков, коррелируемых с поздне- и ранневюрмской, рисской и более древними ледниковыми эпохами, а также ряд горизонтов межледниковых морских осадков. В районе Поморского прогиба впервые выделены четыре ступени верхнего звена неоплейстоцена, соответствующие периодам трансгрессивных и регрессивных фаз развития шельфа.

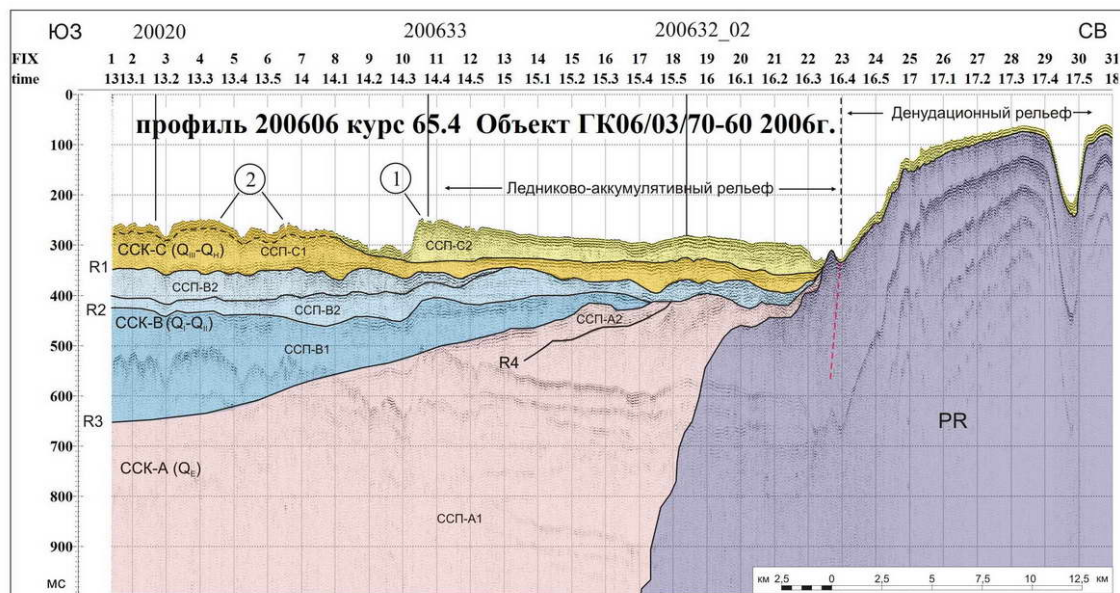


Рис. 3. Пример интерпретации по профилю 200606 (Захаренко и др., 2010)

5. Анализ изменения мощности

По построенным картам мощностей четвертичных комплексов видно, что изменение мощности четвертичных отложений подчиняется принципу зональности: от областей денудации в прибрежных районах к области аккумуляции в сторону океана. Минимальные мощности четвертичных отложений наблюдаются на банках. На этих участках на поверхность дна выходят коренные породы, они контролируются изобатами 60-80 м, а максимальные – формируются по двум уровням повышенной седиментации: верхний – у бровки шельфа и нижний – конусы выноса на континентальном подножии. Их интенсивность пространственно приурочена к продолжению фиордовых долин. У бровки шельфа мощность достигает 320-480 м в устье желоба Зюджап, 450-500 м в устье желоба Бельсунд и 700-1000 м в устье желоба Исдьюпет. 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 (рис. 4).

В формировании как различных типов рельефа, так и условий осадконакопления доминирующую роль сыграло блоковое строение района и резко дифференцированные неотектонические движения. Возвышенности, выраженные на шельфах в виде отмелей и банок, соответствуют валам, сводам и поднятиям в фундаменте и в различных горизонтах осадочного чехла. Все крупные морфоструктуры Шпицбергенского

шельфа сформированы в результате эндогенных процессов, в то время как средние и мелкие формы связаны, преимущественно, с экзогенными процессами.

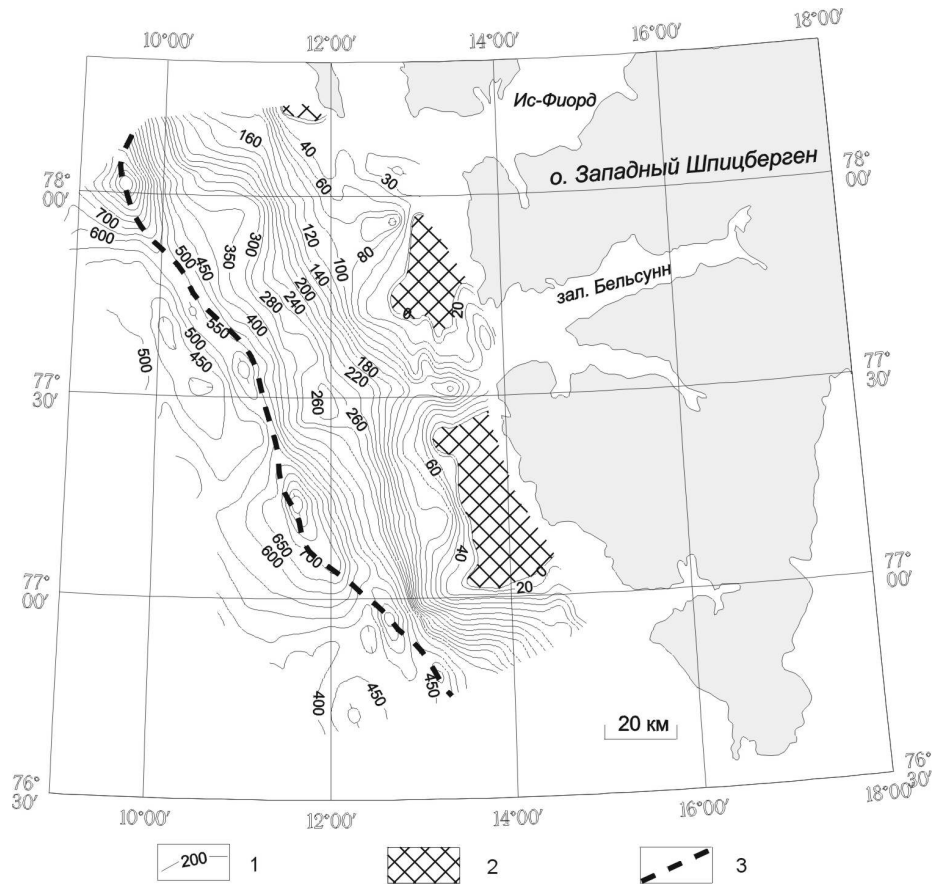


Рис. 4. Карта мощности неоплейстоцен-голоценовых отложений (Захаренко, 2008):
1 – изопахиты; 2 – участки ледниковой денудации; 3 – бровка шельфа

6. Лавинная седиментация

Для Шпицбергенской континентальной окраины и Поморского прогиба характерен лавинный тип седиментации, проявившейся в неогеновый период и продолжавшийся 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 (Лисицын, 1978). Области лавинной седиментации опоясывают континенты и занимают полосу, переходную между континентом и океаном, а также прилегающие части океана: континентальное подножие, краевые части абиссальных равнин (рис. 5).

Нами установлено, что на бровке шельфа скорость седиментации 1-1.5 м за тысячелетие. Это высокие скорости, особенно, если учесть, что здесь активно происходит вынос материала с верхнего уровня на нижний. Обычно, скорости осадконакопления измеряются первыми сантиметрами и миллиметрами за тысячелетие. На нижнем уровне, в нижней части континентального склона в эоплейстоценовом конусе выноса скорость седиментации достигает 170 м за тысячелетие. Таким образом, мы можем говорить о явлении лавинной седиментации, имевшей место в неоген-четвертичный период.

7. Заключение

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. Следует отметить, что ранее многие ученые считали, что у бровки шельфа и в верхней части склона преобладают процессы выноса материала и на картах обозначались выходы коренных пород. В результате данного исследования выявлено, что мощности четвертичных отложений необычайно велики и достигают 1000 м в устье желоба Исдьюпет, а ледниковой эрозии подвержены лишь локальные участки, ныне погруженной континентальной окраины (Захаренко и др., 2010).

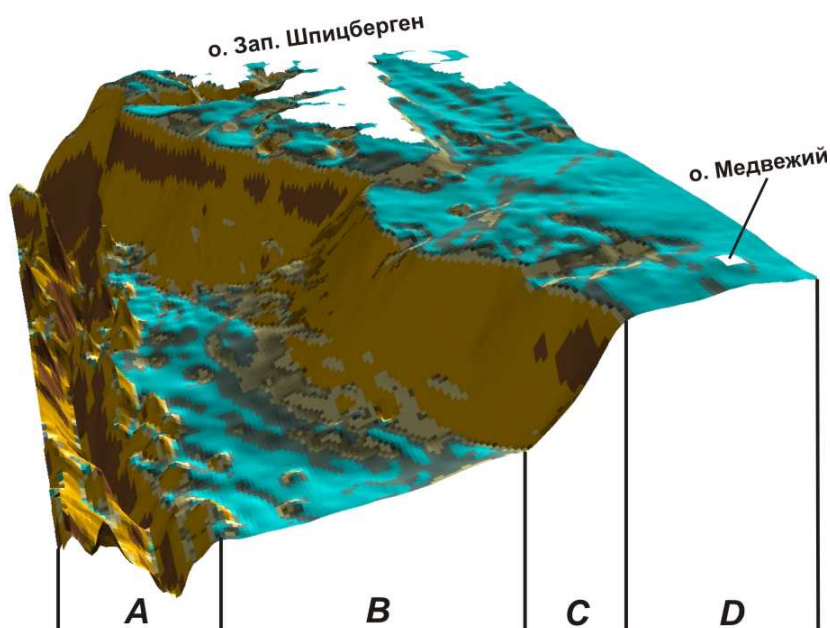


Рис. 5. Объемная модель по карте углов наклона. Конусы выноса (Захаренко, 2008):
А – хребет Книповича с рифтовой долиной; В – абиссальная равнина; С – материковый склон; D – шельф

Важно, что к зонам повышенной седиментации часто приурочены месторождения полезных ископаемых. В результате интерпретации сейсмоакустических материалов, нами на верхнем уровне в устье Ис-фиорд обнаружена аномалия типа "Факел", а на нижнем уровне в конусах выноса в Поморском прогибе отмечена зона газонасыщения неоплейстоценовых осадков. Обе зоны, предположительно, связаны с газогидратами (Лисицын, 1978).

Основное 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 (Матишов, 1984).

Важным результатом проведенных исследований является также факт установления аккумулятивной природы внешней части Шпицбергенского шельфа, в отличие от большинства известных в настоящее время краевых плато пассивных окраин континентов, представляющих часть палеошельфа и испытавших впоследствии погружение (рис. 3).

Литература

- Forsberg C.F., Solheim A., Elverhøi A., Jansen E., Channell J., Andersen E.S. The depositional environment of the western Svalbard margin during the late Pliocene and the Pleistocene: Sedimentary facies changes at site 986. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, v.162, p.233-247, 1999.
- Solheim A., Faleide J.I., Andersen E.S., Elverhøi A., Forsberg C.F., Vanneste K., Uenzelmann-Neben G., Channell J.E.T. Late Cenozoic seismic stratigraphy and glacial geological development of the east Greenland and Svalbard-Barents sea continental margins. *Quaternary Science Reviews*, v.17, p.155-184, 1998.
- Васильева Е.Г., Захаренко В.С. Использование альтернативных форм представления информации при построении геоморфологической карты Западно-Шпицбергенского шельфа. *Сб. материалов V междунар. конференции. Апатиты, КНЦ РАН*, с.154-157, 2005.
- Захаренко В.С. Особенности осадконакопления и палеогеография Шпицбергенского шельфа в плейстоцене. *Дис. ... к.г.н., Мурманск*, с.130, 2008.
- Захаренко В.С., Шлыкова В.В., Тарасов Г.А. Особенности образования газогидратов на континентальной окраине Западного Шпицбергена. *Разведка и охрана недр*, № 8, с.30-32, 2010.
- Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. *М., Недр*, 392 с., 1978.
- Матишов Г.Г. Дно океана в ледниковый период. *Л., Наука*, с.176, 1984.
- Шипилов Э.В., Шкарубо С.И. Геодинамика формирования северного сегмента Норвежско-Гренландского бассейна: новая модель. *Разведка и охрана недр*, № 9, с.47-52, 2007.