

УДК 551

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ОТЛОЖЕНИЙ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА ХААКОН МОСБИ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ БАРЕНЦЕВА МОРЯ)

© 2002 г. В.В. Крупская, И.А. Андреева*, Э.И. Сергеева, Г.А. Черкашев*

Санкт-Петербургский государственный университет

*ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 12.07.1999 г.

Подводный грязевой вулкан Хаакон Мосби был детально изучен в ходе целого ряда экспедиций, в результате чего был собран богатый и разнообразный литологический материал. По результатам проведенного комплекса полевых и лабораторных исследований выявлены различные типы осадков на основе различий их гранулометрического состава и состава пелитовой фракции (<0.005 мм), показана закономерность их размещения в пространстве относительно различных морфоструктурных частей грязевого вулкана.

Грязевой вулкан Хаакон Мосби был впервые обнаружен в результате батиметрического картирования морского дна Военно-морской лабораторией США в 1989-1990 гг. [Vogt et al., 1997]. Эти работы производились на судне "Хаакон Мосби", в честь которого вулкан и получил свое название. Далее эта структура была детально изучена в ходе целого ряда научных экспедиций: рейс НИС «Профессор Логачев» 1996 г., рейс НИС «Профессор Логачев» 1998 г. по программе ЮНЕСКО-МОК «Плавучий университет», рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш» 1998 г.

Изучаемый объект расположен в координатах 71°59.8 с.ш. - 14°42 в.д., 72°0.3 с.ш. - 14°45 в.д. в районе о-ва Медвежий (рис. 1). Юго-западная часть Баренцева моря является в структурном плане пассивной континентальной окраиной [Faleide et al., 1993]. Мощный осадочный чехол (до 6 км мощности) представлен кайнозойскими отложениями от эоцена до современных [Vorren et al., 1991, Laberg, Vorren, 1996, Sattlem et al., 1994]. В строении этой толщи выделяют два комплекса: эоцен-плиоценовый и плиоцен-плейстоценовый [Fiedler, Faleide, 1996]. В изучаемом районе плиоцен-плейстоценовые осадки достигают мощности 3000-4000 м [Eidvin et al., 1993].

По данным глубинного сейсмопрофилирования МОВ ОГТ грязевой вулкан выражен как широкая (1-2 км) зона, характеризующаяся локальным погружением осей синфазности. Эта зона прослеживается до

глубины 3000 м, т.е. почти до основания плиоцен-плейстоценового комплекса и, очевидно, связана с вертикальной миграцией продуктов извержения [Hjelstuen et al., 1999].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовался материал, собранный в течение морских экспедиций на НИС «Профессор Логачев» в 1996 и 1998 годах в оползневой долине Медвежинского желоба в Норвежском море. Особенности морфоструктуры поверхности дна исследовались по данным гидролокатора бокового обзора с частотой 30 и 100 кГц.

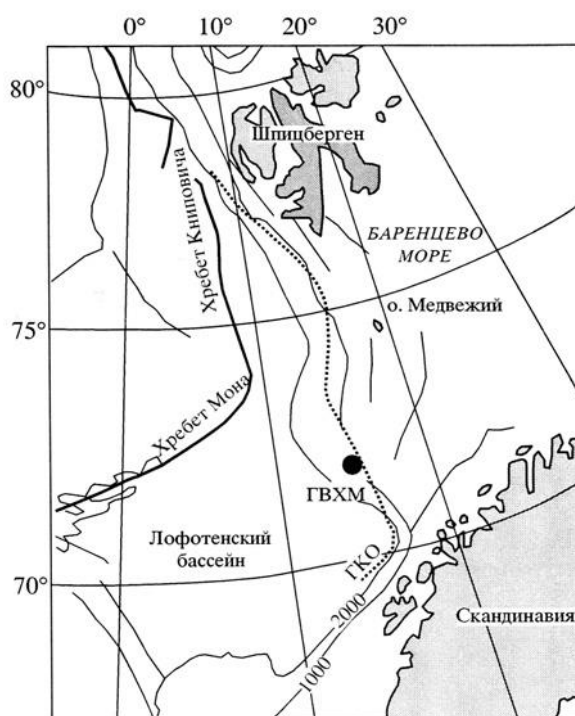


Рис. 1. Схема баренцевоморской континентальной окраины [Sattlem et al., 1994] и местоположение подводного грязевого вулкана Хаакон Мосби.

ГКО – граница континент-океан, ГВХМ – грязевой вулкан Хаакон Мосби.

Комплекс литологических методов включал в себя детальное описание осадков, проведенное на судне, гранулометрический

анализ и минералогический анализ пелитовой составляющей (<0.001 мм).

Гранулометрический анализ проводился в лаборатории ВНИИОкеангеология по стандартной методике водно-ситовым способом [Андреева, Латина, 1998] с разделением на 13 фракций. Границы фракций пески/алевриты/пелиты определялись согласно классификации А.П. Лисицына [1986]. Результаты анализа наносились на треугольную диаграмму [Рыбалко, 1971]. Среди пелитовой фракции осадка (<0.01 мм) выделяли три: грубодисперсную (0.01-0.005 мм), среднелдисперсную (0.005-0.0001 мм) и тонкодисперсную (<0.0001 мм).

Минеральный состав пелитовых фракций 0.005-0.001 и <0.001 мм отложений подводного грязевого вулкана и окружающих осадков анализировался на рентгеновском дифрактометре с Co монохроматическим излучением с длиной волны 1.79021 в лаборатории геологического факультета Санкт-Петербургского университета [Рентгенография..., 1983]. В качестве внутреннего эталона использовался рефлекс кварца с $d = 4.25 \text{ \AA}$. Расчеты соотношения глинистых минералов производились по методике Шлыкова [Шлыков, 1991].

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА

Грязевой вулкан Хаакон Мосби выражен в рельефе дна кольцевой структурой диаметром до 1.5 км с относительным превышением над поверхностью дна от 7 до 15 м (рис. 2) при глубине моря около 1250 м. На записях гидролокатора бокового обзора отражается концентрическая зональность грязевого вулкана. Можно условно выделить кратерную и периферийную части вулкана, погребенный грязевой поток и окружающие морские осадки. Центральная (кратерная) часть отличается сильным обратным рассеянием и представляет собой плоское асимметричное плато диаметром около 200 м. Периферийная часть вулкана сложена непротяженными и плохо выраженными в рельефе грязевулканическими потоками из кратера. В этой области широко проявлены тектонические и оползневые нарушения, различные неровности рельефа. Грязевулканические потоки тянутся почти на 3000 м вдоль по склону [Vogt et al., 1997] и выделяются по характерным следам течения, выраженным в рельефе. Окружающие морские осадки отличаются слабым обратным рассеянием и формируют ровный рельеф дна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В разрезах из различных морфологических зон (кратерной и периферийной частей вулкана, древнего грязевулканического потока и вмещающих гемипелагических осадков) наблюдаются различные литологические типы осадков или их чередование (см. рис. 2). Так, кратерная часть сложена сопочными пелитами, периферийная - измененными сопочными пелитами и измененными морскими осадками, древний грязевулканический поток - измененными сопочными пелитами, подстилаемыми и перекрытыми морскими осадками, вмещающие отложения представлены типичными гемипелагическими осадками.



Рис. 2. Изображение локатора бокового обзора OREtech грязевого вулкана Хаакон Мосби [Geological..., 1999], морфологические зоны и распределение литологических типов.

Точками обозначены места отбора проб, цифрами – номера станций.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ

Сопочные пелиты кратерной области грязевого вулкана

Грязевулканические отложения (рис. 3), отобранные из кратерной области вулкана

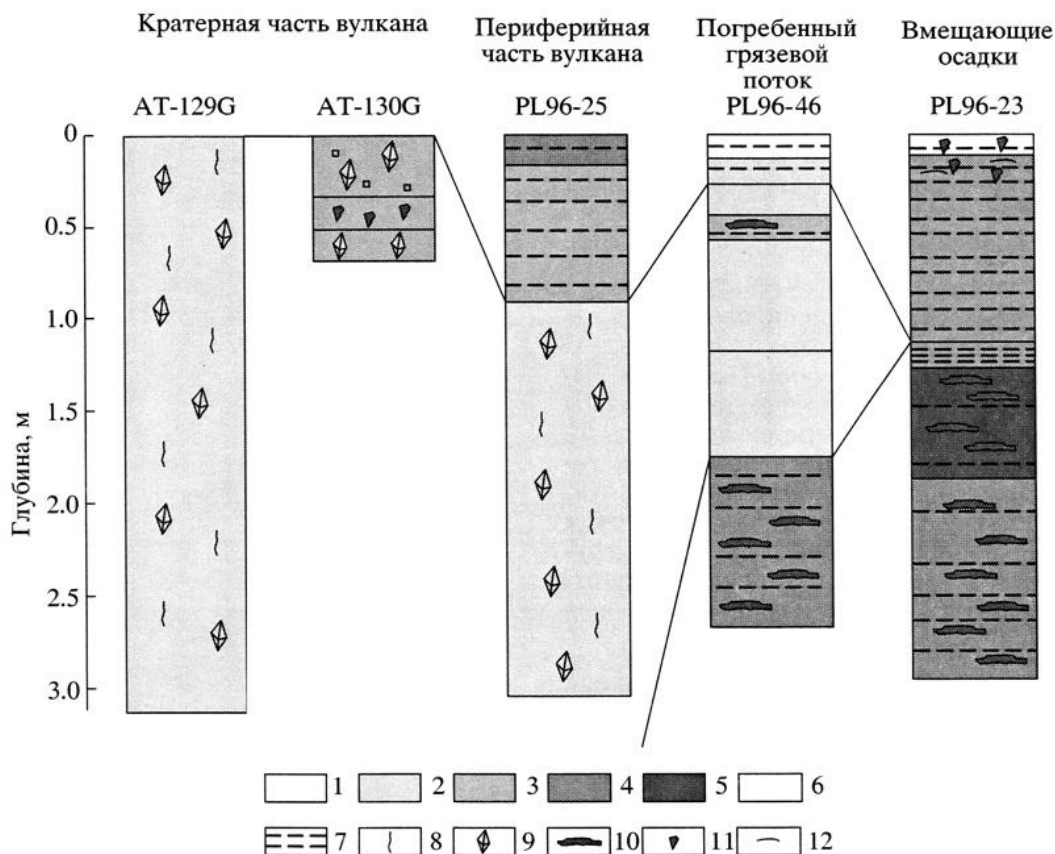


Рис. 3. Литологическая корреляция отложений грязевого вулкана Хаакон Мосби и окружающих толщ.

1–5 – цвет осадка: 1 – коричневый, 2 – оливково-серый, 3 – темно-оливково-серый, 4 – серый, 5 – темно-серый; 6–7 – структура осадка: 6 – не слоистая; 7 – слоистая; 8 – газонасыщенные осадки; 9–12 – состав включений: 9 – кристаллы и агрегаты кристаллов газовых гидратов, 10 – пятна и разводы гидротроилита, 11 – остатки трубчатых червей, 12 – обломки раковин.

(например, станции PL96-30, PL96-45, AT-129G и AT-130G), представлены нестратифицированными газонасыщенными сопочными пелитами с характерной «творожистой» структурой. Грубый материал состоит из обломков ледового разноса гравийной размерности, при этом более крупные частицы в осадках отсутствуют, что отличает отложения Хаакон Мосби от многих других грязевых вулканов. В кернах, отобранных из грязевулканических отложений (за исключением станции PL96-30 (см. рис. 2), с температурой керна около 15° при температуре придонной воды -0.8° [Ginsburg et al., 1997]) наблюдались кристаллы и агрегаты газовых гидратов (рис. 4). В составе песчаной фракции отмечены кристаллы гипса [Shilov et al., 1999].

Из рис. 5 видно, что сопочные отложения являются алевритовыми пелитами. Эти отложения отличает очень однородное распределение по разрезу колонки основных компонентов осадка (рис. 6). Характерной особенностью является относительно слабая сортировка и высокое содержание пелитовых фракций. Гистограммы гранулометрического состава характеризуются трехвершинным

распределением частиц с преобладающим максимумом в тонких пелитах (<0.001 мм), при этом наблюдается увеличение содержаний глинистых фракций в сторону уменьшения размера частиц. Эмпирические поля распределения (ЭПР) частиц по фракциям (рис. 7) – «неполные» бимодальные, с

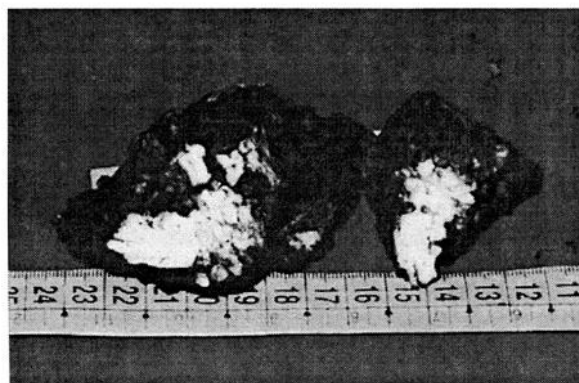


Рис. 4. Фотография газовых гидратов из колонки AT-130G (фото Козловой Е.В.).

«незавершенным» максимумом в области тонких пелитов, превышающим максимум в тонких алевритах. За счет обогащения осадка песчаными фракциями отмечается ряд

невысоких экстремумов (не выше 10%). Кумулятивные кривые (см. рис. 7) довольно «постепенные», приподнятые в грубых фракциях (как и ЭПР) и без выраженных перегибов. Имеют сходство с графиком прямой пропорциональности $y = kx + b$.

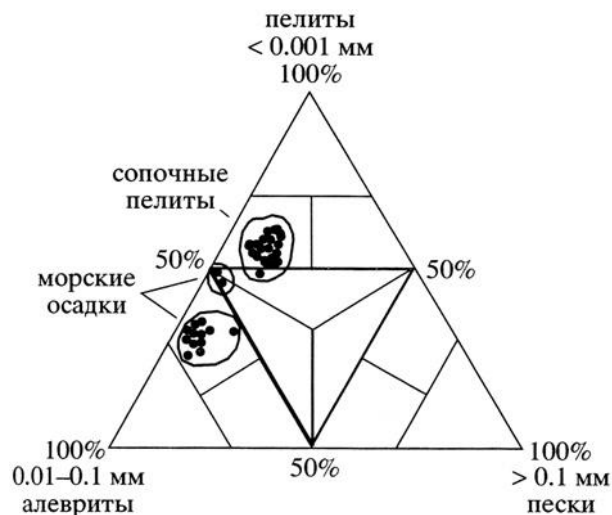


Рис. 5. Треугольная диаграмма гранулометрического состава отложений, отобранных в районе развития грязевого вулкана Хаакон Мосби.

Компонентный состав пелитовой фракции сопочных пелитов (рис. 8) отличается довольно высоким для данного региона содержанием смектита и смешанослойных минералов (около 20-30%). Смешанослойные минералы представлены практически полным набором фаз ряда иллит-смектит с различным содержанием пакетов. Также присутствуют вермикулит и,

вероятно, смешано-слоеное образование ряда смектит-хлорит. Гидрослюда характеризуется высокой степенью гидратированности структуры. Из неглинистых минералов обнаружены тонкодисперсный кварц, полевые шпаты, карбонаты и гипс, образование которого связывают с кристаллизацией из термальных вод, поступающих вверх вместе с газовым флюидом по подводящему каналу [Шнюков, 1971; Shilov et al., 1999].

Преобразованные сопочные пелиты кратерной области грязевого вулкана

Среди сопочных отложений станции АТ-130G, отобранных из кратерной области грязевого вулкана, присутствует горизонт (45-55 см) с остатками трубчатых червей - погонофор. В литологическом плане этот горизонт представлен типичными сопочными отложениями. Его перекрывает интервал 30-35 см, который резко отличается по особенностям распределения фракций, чем вызывает особый интерес. По гранулометрическому составу это пелитовые алевриты; гистограммы состава двухвершинные, с максимумами в тонких алевритах и тонких пелитах. Кривые распределения по фракциям полимодальные, с узким максимумом в грубых алевритах, преобладающим максимумом в тонких алевритах и низким незавершенным максимумом в пелитах. Кумулятивная кривая имеет хорошо выраженный и широкий «горб» в алевритовой области, при этом сохраняется в целом тенденция, характерная для сопочных

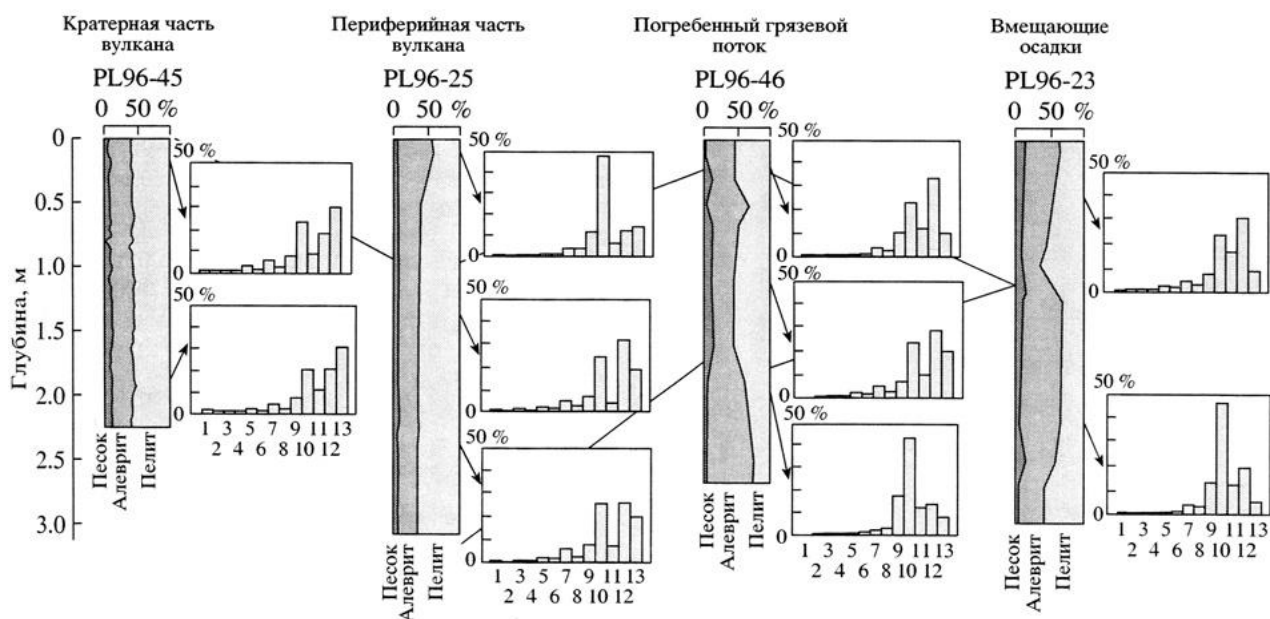


Рис. 6. Гранулометрические особенности отложений района грязевого вулкана Хаакон Мосби.

Гранулометрические фракции: 1 — >1.0 мм; 2 — 1.00–0.63 мм; 3 — 0.63–0.40 мм; 4 — 0.40–0.315 мм; 5 — 0.315–0.200 мм; 6 — 0.200–0.160 мм; 7 — 0.160–0.100 мм; 8 — 0.100–0.063 мм; 9 — 0.063–0.050 мм; 10 — 0.05–0.01 мм; 11 — 0.010–0.005 мм; 12 — 0.005–0.001 мм; 13 — <0.001 мм.

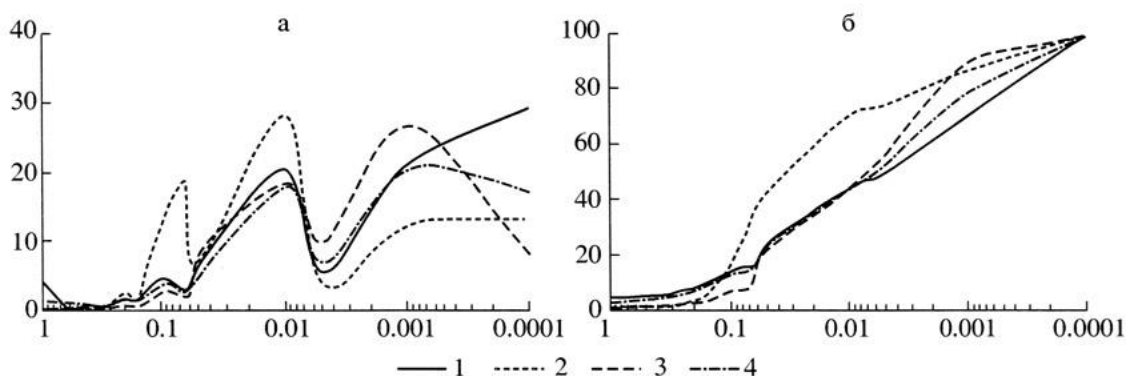


Рис. 7. Обобщенные графики эмпирических полей распределения (а) и кумулятивных кривых (б) сопочных пелитов. Номера образцов: 1 – сопочные пелиты кратерной области (АТ-129G/10–15 см); 2 – преобразованные под воздействием трубчатых червей сопочные пелиты (АТ-130G/30–35 см); 3–4 – измененные сопочные пелиты из погребенного грязевого потока: 3 – PL96-46/10–18 см, 4 – PL96-46/150–160 см.

пелитов (см. рис. 7). Таким образом, среди грязевулканических отложений кратерной области Хаакон Мосби выделяются два типа: собственно сопочные и «преобразованные» сопочные отложения, представленные на примере вышеописанного горизонта.

Компонентный состав глинистой фракции аналогичен таковому в обычных сопочных пелитах кратерной области Хаакон Мосби (см. рис. 8).

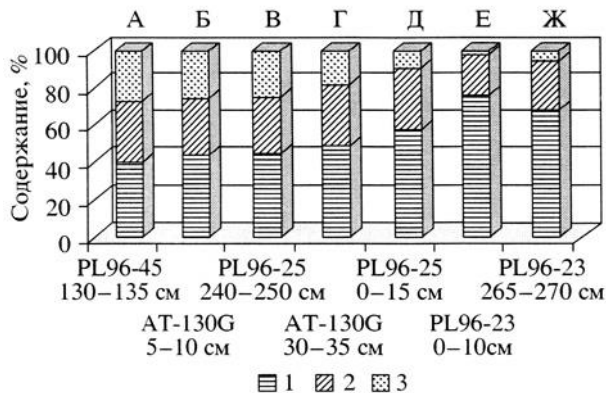


Рис. 8. Соотношение глинистых минералов в образцах из различных литологических типов.

А–Ж – литологические типы осадков: А, Б – сопочные пелиты кратера, В – измененные сопочные пелиты периферии, Г – преобразованные сопочные пелиты, Д – измененные морские осадки, Е, Ж – нормальные гемипелагические осадки; 1–3 – глинистые минералы: 1 – иллит, 2 – хлорит с каолинитом, 3 – смектит и смешанослойные минералы.

Сопочные отложения периферии грязевого вулкана

Сопочные пелиты периферийной области (см. рис. 3) по внешним признакам аналогичны сопочным отложениям, развитым в кратерной области и отличаются от них специфическими особенностями гранулометрического состава, в то время как минеральный состав фракции <math><0.005\text{ мм}</math> остается без существенных

изменений. Отмечается ряд отличий в гранулометрическом составе (см. рис. 6, 7): двухвершинный характер гистограмм распределения на фоне преобладания тонкодисперсной (<math><0.001\text{ мм}</math>) глинистой фракции над грубо дисперсной (0.005–0.001 мм), некоторое уменьшение содержания тонкодисперсной глинистой фракции и относительно завершённый «пелитовый» максимум на графиках ЭПР.

Нормальные морские осадки

Морские отложения представляют собой слоистые осадки (см. рис. 3), обычно комковатые, с примазками, разводами и пятнами гидротроилита, за счет обогащения которым местами приобретают темно-серую и даже черную окраску. Аналогичные осадки отмечает Ю.А. Богданов с соавторами [Богданов и др., 1996] в районе, расположенном несколько севернее исследуемого. Морские осадки являются преимущественно пелитовыми алевритами, хотя встречаются и песчано-алевро-пелитовые разности (см. рис. 5).

Отложения относительно хорошо сортированные, что выражается в одновершинном или двухвершинном характере гистограмм гранулометрического состава (см. рис. 6) с максимумами в области тонких алевритов (0.05–0.01 мм) и средних пелитов (0.005–0.001 мм). Эмпирические полигоны распределения (ЭПР), как правило, моно- или бимодальные (рис. 9) в области тонких алевритов и средних пелитов с преобладанием одной моды и низким содержанием тонкого пелита (<math><0.001\text{ мм}</math>). Кумулятивные кривые на графиках (см. рис. 9) достаточно крутые и характеризуются резким и четким перегибом в области алевритов и довольно пологим и размытым перегибом в области средних пелитов.

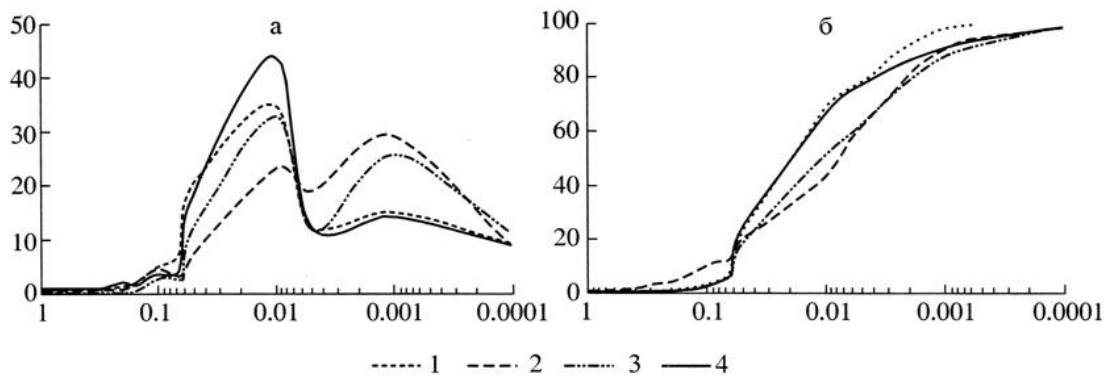


Рис. 9. Обобщенные графики эмпирических полей распределения (а) и кумулятивных кривых (б) гемипелагических осадков.
 Номера образцов: 1 – PL96-23/0–10 см; 2 – PL96-23/80–90 см; 3 – PL96-23/265–270 см; 4 (из погребенного грязевого потока) – PL96-46/140–150 см.

В составе пелитовой составляющей гемипелагических осадков из числа глинистых минералов присутствуют иллит, хлорит, каолинит, смектит и смешанослойные неупорядоченные образования (см. рис. 8). Характерной чертой отложений является резкое преобладание иллита и крайне низкое содержание (0-5%) смектитов и смешанослойных минералов. Также было отмечено присутствие тонкодисперсного кварца и полевых шпатов.

«Измененные» морские осадки

Морские отложения периферийной области грязевого вулкана представлены зеленоватыми и желтоватыми слоистыми осадками без видимого присутствия гидротроилита (см. рис. 3). Верхний окисленный коричневатый слой отмечается не во всех колонках, что, по-видимому, связано с газовыми эманациями, поступающими по локальным разрывным нарушениям, которые способствуют быстрому восстановлению окисленных фаз.

Гранулометрический состав измененных морских осадков отличается одновершинными гистограммами, при этом среди пелитовых фракций наблюдается увеличение их содержания в сторону уменьшения размерности (см. рис. 6). Формы ЭПР и кумулятивных кривых похожи на таковые, описанные для нормальных морских осадков. То есть, морские осадки периферийной части вулкана содержат признаки вышеуказанных типов: сопочных пелитов, что выражается в характере распределения глинистых фракций и графиков ЭПР, и морских осадков (близкие типы гистограмм распределения гранулометрических фракций и графиков кумулятивных кривых).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сопочные пелиты кратерной части являются продуктом современной деятельности грязевого вулкана. Измененные сопочные пелиты периферийной части погребены под более молодыми осадками и претерпели некоторые постседиментационные изменения. Вмещающие морские гемипелагические осадки сформировались в результате нормальной седиментации на склоне. Измененные морские осадки периферийной части грязевого вулкана образовались в результате гемипелагической седиментации, но были преобразованы под влиянием процессов грязевого вулканизма. В ходе проведения гранулометрического анализа было отмечено, что тонкий материал из сопочных отложений кратерной части грязевого вулкана не коагулирует даже без применения химического диспергатора, необходимость применения которого для других образцов не вызывает сомнений [Петелин, 1967]. Под воздействием флюида вулкана, поднимающегося по подводящему каналу, снимаются статические заряды на глинистых частицах. Наиболее ярко эти процессы проявлены в неизменных сопочных пелитах кратерной части вулкана, что вполне понятно. В измененных сопочных пелитах периферийной его части в результате захоронения под осадками восстанавливается некоторое количество первичных статических зарядов на глинистых частицах. Вследствие этого содержание тонкодисперсной глинистой фракции уменьшается и характер распределения гистограмм становится несколько иным, чем в неизменных сопочных отложениях. Низкое содержание (первые проценты) самой тонкой глинистой фракции в морских осадках объясняется выносом или/и коагуляцией этой фракции в процессе транспортировки, осаждения или постседиментационных преобразований, что выражается в одновершинных гистограммах.

Особое внимание заслуживают так называемые преобразованные сопочные пелиты кратерной области, перекрывающие горизонт с погонафорами. Эти отложения характеризуются иным распределением материала по фракциям, нежели сопочные отложения, однако выявленные литологические особенности не являются генетическими признаками типичных гемипелагических осадков. В этих осадках произошли постседиментационные преобразования, приведшие к укрупнению и трансформации осадочного материала, вызванные жизнедеятельностью червей. Сам же горизонт с погонафорами подтверждает этапность извержений (или излияний) грязевого вулкана.

Крайне низкое содержание смешанослойных минералов объясняется особенностями плейстоцен-голоценовой седиментации в Норвежско-Гренландском бассейне. Материал в Норвежско-Гренландский бассейн поступал и поступает в первую очередь с шельфа Баренцева моря [Eidvin *et al.*, 1993], осадки которого обеднены этими глинистыми минералами. Низкое содержание смектитов и смешанослойных глинистых минералов в нормальных морских осадках отмечают и другие исследователи [Богданов *и др.*, 1998].

В процессе грязевулканической деятельности под воздействием газовой-жидкой флюида вулкана, характеризующегося повышенными значениями температуры и давления, происходило преобразование гидрослюды и смектитов в смешанослойные образования, а также гидратация иллитита и хлорита. Это привело к высокому содержанию смешанослойных минералов в сопочных отложениях. Уменьшение содержания смешанослойных минералов в измененных морских осадках вплоть до практического исчезновения в фоновых морских осадках свидетельствует о существенной роли гемипелагической седиментации. Повышение содержания этих минералов в измененных гемипелагических осадках указывает на влияние грязевулканической деятельности в процессе их образования.

Сопочные отложения из грязевулканического потока по набору литологических признаков являются сопочными пелитами, измененными в процессе переотложения по склону. В этих отложениях был обнаружен горизонт гемипелагических осадков, который свидетельствует о прерывистом характере извержений и о существовании, по крайней мере, двух этапов активной деятельности подводного грязевого вулкана Хаакон Мосби. В настоящее время

изучаемый вулкан находится в спокойной стадии развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выделенные морфоструктурные зоны в районе изучения грязевого вулкана Хаакон Мосби характеризуются специфическим набором литологических типов осадков. Кратерная область вулкана представлена сопочными пелитами. На периферии вулкана измененные сопочные пелиты перекрыты измененными морскими осадками. Погребенный поток представлен измененными сопочными пелитами, подстилаемыми и перекрытыми гемипелагическими осадками. За пределами вулкана развиты типичные гемипелагические отложения. Излияния грязевого вулкана происходят стадийно, что подтверждается горизонтом нормальных морских осадков среди материала грязевого потока, а также горизонта, обогащенного остатками погонифора среди сопочных пелитов кратерной части.

Изученные отложения грязевого вулкана и окружающих осадков бесспорно обладают целым рядом ярко выраженных генетических признаков. В процессе осадконакопления и переотложения на склоне формируются гемипелагические осадки, для которых характерно низкое содержание тонкодисперсной глинистой фракции (<0.001 мм), обусловленные его коагуляцией (образованием естественных агрегатов) в ходе постседиментационных процессов. Сопочные отложения в целом являются более глинистыми. Для них характерно специфическое распределение гранулометрических фракций при высоком содержании пелитовых фракций в целом. Такое перераспределение вещества связано с двумя факторами: диспергацией материала вследствие грязевулканической деятельности и обогащением тонкими фракциями при невысокой скорости поступления материала из выводящего канала грязевого вулкана Хаакон Мосби. В последнем случае происходит отмеченное на кумулятивных кривых «усреднение» гранулометрического спектра.

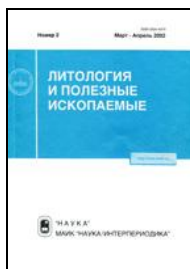
Среди сопочных отложений выделяются собственно сопочные пелиты кратерной области, являющиеся продуктом современной деятельности грязевого вулкана, преобразованные в процессе жизнедеятельности трубчатых червей сопочные пелиты кратерной области и измененные за счет погребения под слоем более поздних осадков сопочные пелиты периферийной области. Среди морских осадков

выделяются, в свою очередь, фоновые гемипелагические отложения и осадки периферийной области Хаакон Мосби, измененные в результате наложения процессов грязевого вулканизма на гемипелагическую седиментацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева И.А., Лапина Н.Н.* Методика гранулометрического анализа донных осадков Мирового океана и геологическая интерпретация результатов лабораторного изучения вещественного состава осадков. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998. 50 с.
- Богданов Ю.А., Горбунова З.Н., Серова В.В.* Литолого-минералогическая характеристика донных осадков Норвежского моря вблизи о. Медвежий // Океанология. 1998. Т. 38. № 4. С. 597-603.
- Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г., Лукашин В.Н.* и др. Состав и свойства донных осадков // Океанологические исследования и подводно-технические работы на месте гибели атомной подводной лодки "Комсомолец". М.: Наука, 1996. С. 287-313.
- Лисицын А.П.* Вопросы морского геологического картирования (на примере континентальной окраины Африки) // Доклады ЮНЕСКО. 1986. 416 с.
- Петелин В.П.* Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. 75 с.
- Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / Под ред. Франк-Каменецкого В.А. Л.: Недра, 1983. 359 с.
- Рыбалко А.Е.* К вопросу классификации современных морских осадков по гранулометрическому составу // Вестник ЛГУ. 1971. № 6. С. 41-47.
- Шнюков Е.Ф., Науменко П.И., Лебедев Ю.С.* и др. Грязевой вулканизм и рудообразование. Киев: Наукова думка, 1971. 332 с.
- Шлыков В.Г.* Рентгеновские исследования грунтов. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ. 1991. 184 с.
- Eidvin T., Jansen E., Riis F.* Chronology of Tertiary fan deposits of the western Barents Sea: implications for the uplift and erosion history of the Barents shelf // Marine Geology. 1993. V. 112. P. 109-131.
- Faleide J.I., Vagnes E., Gudlaugsson S.T.* Late Mesozoic-Cenozoic evolution of the southwestern Barents Sea // Petroleum Geology. 1993. V. 86. P. 933-950.
- Fiedler A., Faleide J.I.* Cenozoic sedimentation along southwestern Barents Sea margin in relation to uplift and erosion of shelf // Global and Planetary Change. 1996. № 12. P. 75-93.
- Geological Processes on the Northeast Atlantic Margin. Preliminary results of geological and geophysical investigations during the TTR-8 cruise of R/V Professor Logachev (June-August, 1998). UNESCO. 1999. IOS Technical Series. № 54. P. 141.
- Ginsburg G., Milkov A., Cherkashev G.* et al. Gas hydrates of the Haakon Mosby Mud Volcano // EOS. 1997. № 29. OS41A-6.
- Hjelstuen B.O., Eldholm O., Faleide J.I., Vogt P.R.* Regional Setting of Haakon Mosby Mud Volcano, SW Barents Sea Margin // Geo-Marine Letters. 1999. V. 19. P. 22-28.
- Laberg J.S., Vorren T.O.* The Middle and Late Pleistocene evolution of the Bear Island Trough Mouth Fan // Global and Planetary Change. 1996. № 12. P. 309-330.
- Sattem Bugge E., Fanavoll S.* et al. Cenozoic margin development erosion of the Barents Sea: Core evidence from southwest of Bjornoya // Marine Geology. 1994. V. 118. P. 257-281.
- Shilov V., Druzhinina N., Vasilenko L., Krupskaya V.* Stratigraphy of sediments from the Haakon Mosby mud volcano area // Geo-Marine Letters. 1999. V. 19. P. 48-56.
- Vogt P.R., Cherkashev G., Ginsburg G.* et al. Haakon Mosby Mud Volcano provides unusual example of venting // EOS, Transaction, American Geophysical Union. 1997. V. 78. № 48. P. 549. 556-557.
- Vorren T.O., Richardsen G., Knutsen S.-M., Flenriksen E.* Cenozoic erosion and sedimentation in the western Barents Sea // Marine Petroleum Geology. 1991. V. 8. P. 317-340.

Ссылка на статью:



Крупская В.В., Андреева И.А., Сергеева Э.И., Черкашев Г.А. Особенности состава отложений грязевого вулкана Хаакон Мосби (юго-западная часть Баренцева моря) // Литология и полезные ископаемые. 2002. № 2. С. 152-159.