

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА ОСТРОВА МЕДВЕЖИЙ (НОРВЕЖСКОЕ МОРЕ)

В.В. Крупская, И.А. Андреева

ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург

На основании проведенного комплекса литологических исследований выявлены характерные особенности гемипелагических осадков, сопочных отложений грязевого вулкана Хаакон Мосби, диапирового материала и переотложенных осадков в оползневой долине Медвежинского желоба. Сделано предположение об источнике осадочного материала для формирования переотложенных осадков, изученных во время двух научно-исследовательских рейсов, выявлена степень их преобразования.

Введение

За всю геологическую историю на юго-западном склоне Баренцева моря накопилась толща осадков мощностью около 6000 м [Vorren et al., 1991]. Поступление материала с шельфа Баренцева моря в Норвежско-Гренландский бассейн было неравномерным и увеличивалось в периоды понижения уровня моря во время оледенений за счет интенсивных обвальных и оползневых процессов [Богданов и др., 1998]. Большинство известных оползневых тел сформировалось на рубеже 18 тыс. лет назад [Eidvin et al., 1993]. Перемещение рыхлого материала вниз по склону в голоцене резко снизилось, о чем можно судить по маломощным отложениям.

Материалы и методы

В работе использовался материал, собранный в ходе морских экспедиций на НИС «Профессор Логачев» в 1996 и 1998 году в оползневой долине Медвежинского желоба в Норвежском море. Комплекс литологических методов включал в себя детальные описания, сделанные на судне при пробоотборе, 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]. Минеральный состав пелитовой компоненты осадков анализировался на рентгеновском дифрактометре с кобальтовым монохроматическим излучением с длиной волны 1,79021 в лаборатории геологического факультета Санкт-Петербургского университета. Расчеты соотношения глинистых минералов производились по методике В.Г. Шлыкова [1991].

Целью работы является выявление генезиса отложений и степени их преобразования по комплексу литологических методов в сравнительной характеристике.

Результаты литологических исследований

Оползневая долина в районе острова Медвежий характеризуется распространением различных типов осадков (рис. 1). Среди них - морские осадки, сформированные на склоне (тип А), сопочные отложения грязевого вулкана Хаакон Мосби (тип В), диапировый материал (тип С) и переотложенные осадки (тип D).

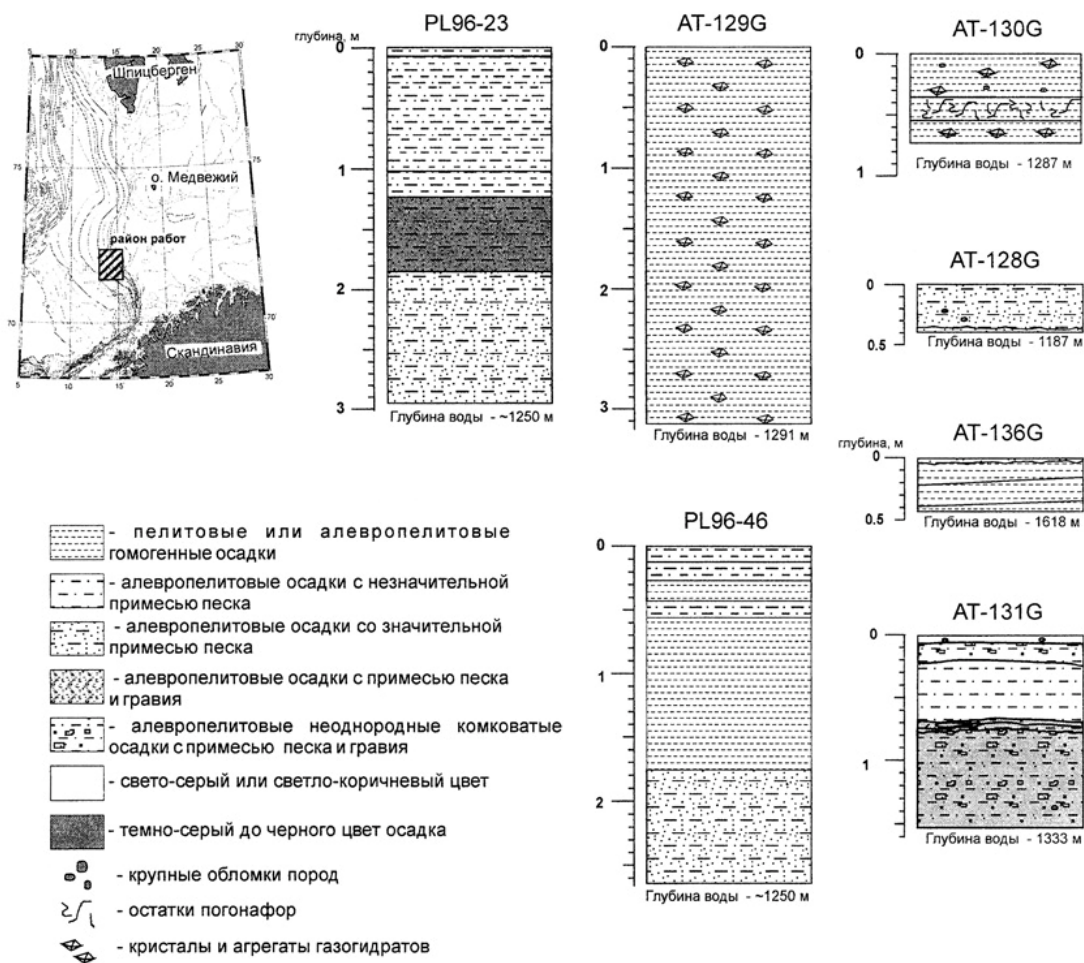


Рис. 1. Схема расположения станций пробоотбора и литология колонок

По данным гидролокатора бокового обзора и сейсмического профилирования в районе выделяется ряд геологических структур: грязевой вулкан Хаакон Мосби и его погребенные грязевые потоки; глиняные диапиры и потоки неконсолированного материала. Из кратера вулкана отобраны станции AT-129G и AT130G, с грязевого потока - станция PL96-46. Предполагаемые диапировые структуры были опробованы в станциях AT-128G и AT-136G, потоки неконсолированного материала - в станции AT-131G. Станция PL96-23 отобрана за пределами перечисленных структур и сложена типичными морскими осадками.

Различные литологические типы осадков встречались в разных колонках, часто в чередовании друг с другом.

Тип А (гемипелагические осадки). Типичные гемипелагические осадки обнаружены в колонках PL96-23 и PL96-46 (интервалы 0-25, 45-55 и 175-265 см). Также к морским осадкам может быть отнесен и верхний горизонт (0-3 см) станций AT-128G и AT-131G.

Отложения представлены зеленоватыми и сероватыми комковатыми пелитовыми алевритами с различным содержанием гидротроилита. Осадки относительно хорошо сортированные, что выражается в одновершинном или двухвершинном характере гистограмм гранулометрического состава (рис. 2) с максимумами в тонких алевритах (0,05-0,01 мм) и средних пелитах (0,005-0,001 мм). Эмпирические полигоны распределения (ЭПР) - как правило, моно- или бимодальные (рис. 3а и 4а) в области тонких алевритов и средних пелитов с преобладанием одной моды и низким содержанием тонкого пелита (<0,001 мм). Кумулятивные кривые

проходят на графиках (рис. 3б и 4б) достаточно круто и характеризуются резким и четким перегибом в области алевритов и довольно пологим и размытым перегибом в области средних пелитов.

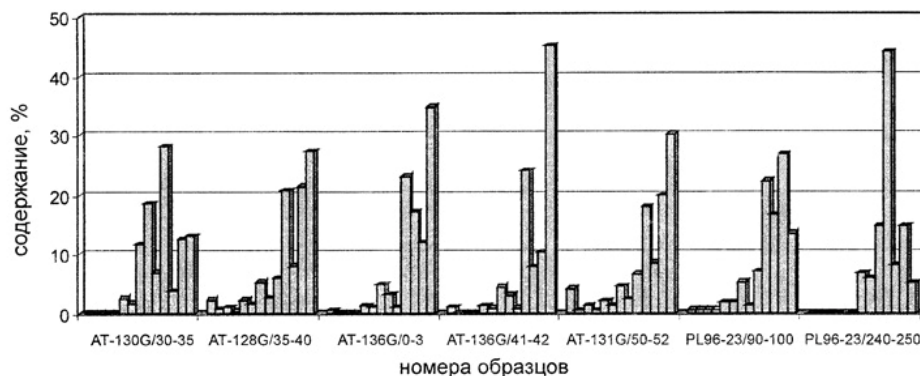


Рис. 2. Примеры гистограмм гранулометрического состава отложений

В столбцах содержание фракций для каждого представленного образца. Слева направо (в мм): >1,0, 1,0–0,63, 0,63–0,4, 0,4–0,315, 0,315–0,2, 0,2–0,16, 0,16–0,1, 0,1–0,063, 0,063–0,05, 0,05–0,01, 0,01–0,005, 0,005–0,001, <0,001

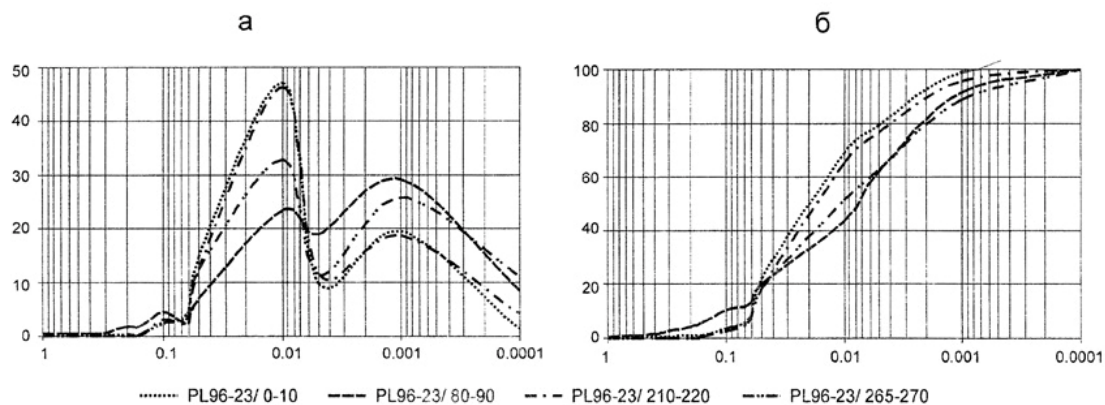


Рис. 3. Графики эмпирических полей распределения (а) и кумулятивных кривых (б) морских осадков

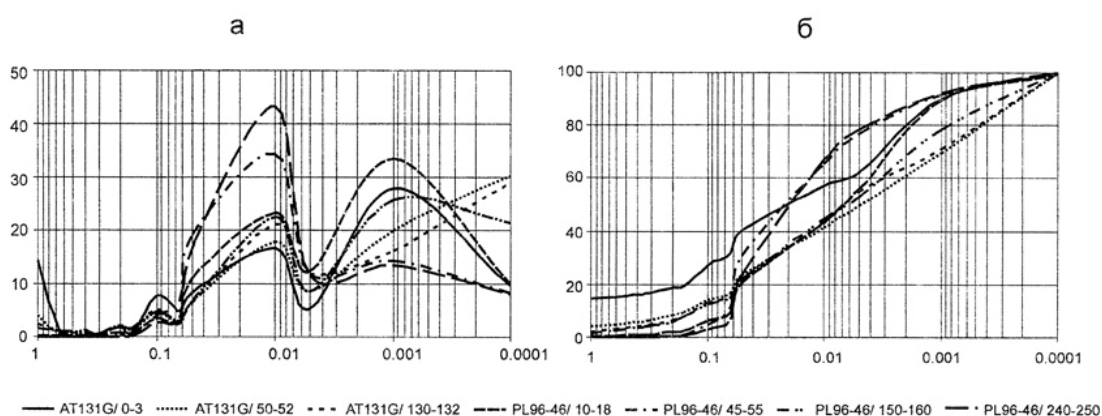


Рис. 4. Графики эмпирических полей распределения (а) и кумулятивных кривых (б) переотложенных осадков из станции AT-131G и потоков сопочных отложений из грязевого вулкана Хаакон Мосби (станция PL96-46)

В составе пелитовой составляющей гемипелагических осадков из числа глинистых минералов присутствуют иллит, хлорит, каолинит и набухающие при насыщении органическими жидкостями минералы, такие, как смектит и смешаннослойные неупорядоченные минералы (рис. 5). Из неглинистых минералов

отмечены дисперсный кварц, полевые шпаты, карбонаты. Характерной чертой отложений является резкое преобладание среди глинистых минералов иллит и крайне низкое содержание (0-5%) смектитов и смешаннослойных минералов.

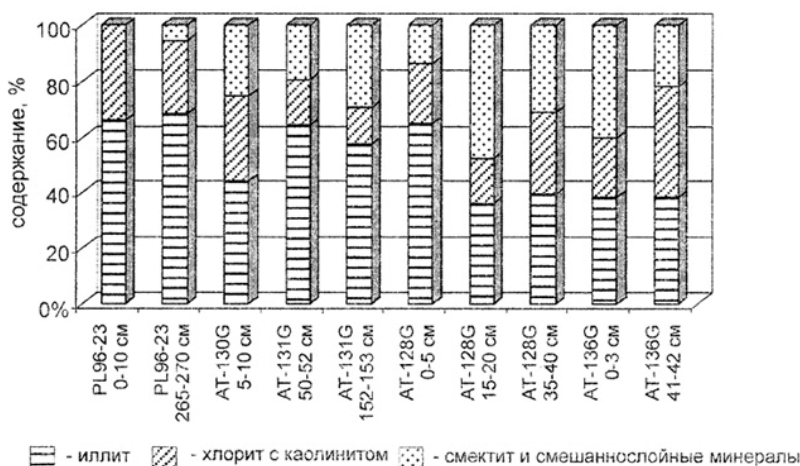


Рис. 5. Соотношение глинистых минералов в различных осадках

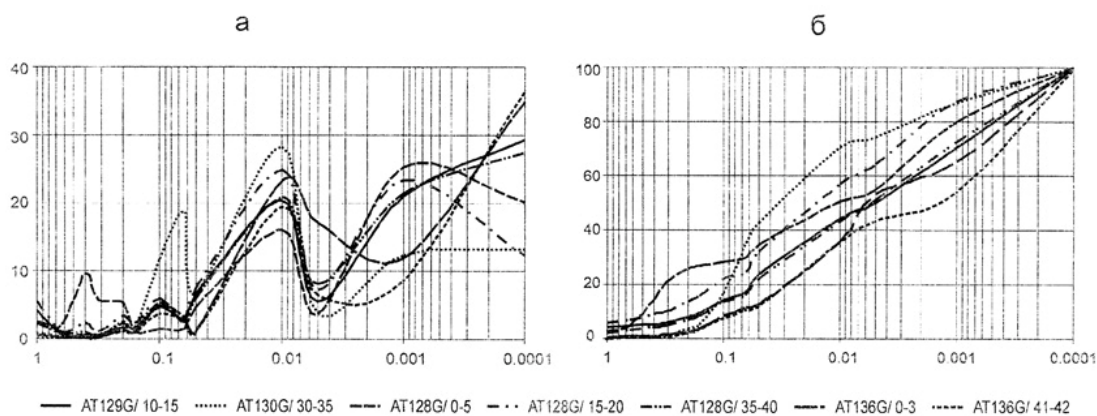


Рис. 6. Графики эмпирических полей распределения (а) и кумулятивных кривых (б) сопочных отложений (станции АТ-129G и АТ-130G) и материала предполагаемых диапировых структур (станции АТ-128G и АТ-136G)

Тип В (сопочные отложения). Сопочные отложения встречаются в кратерной части грязевого вулкана Хаакон Мосби (станции АТ-129G и АТ-130G) и его потоках (PL96-46/25-45 и 55-175 см). Они представлены муссоподобными алевритовыми пелитами с кристаллами и агрегатами газогидратов (см. рис. 1). Характерной особенностью этих отложений является более слабая сортировка осадков и высокое содержание пелитовых фракций. Гистограммы состава характеризуются одно-, реже двухвершинным распределением частиц с максимумами в тонких пелитах (<0,001 мм) и в меньшей степени в средних (0,005-0,001 мм). ЭПР (рис. 6а) - «неполные» бимодальные, с «незавершенным» максимумом в области тонких пелитов, превышающим максимум в тонких алевритах. За счет незначительного обогащения песчаной составляющей осадка отмечается ряд невысоких экстремумов (не выше 10%) в песчаной области и приподнятость «хвостов» в области грубых фракций. Кумулятивные кривые (рис. 6б) очень «постепенные», приподнятые в грубых фракциях и без отчетливо выраженных перегибов, имеют сходство с графиком прямой пропорциональности $y=kx+b$.

Горизонт 45-55 см в колонке АТ-130G (см. рис. 1) обогащен погнофорами и сложен типичными сопочными отложениями. Его перекрывает интервал 30-35 см,

который резко отличается по своим особенностям распределения фракций, чем вызывает особый интерес. По гранулометрическому составу это пелитовые алевриты; гистограммы состава (см. рис. 2) 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, притом что в целом сохраняется тенденция, характерная для сопочных брекчий. Таким образом, среди грязевулканических отложений Хаакон Мосби выделяется два типа: собственно сопочные и «преобразованные» сопочные отложения, представленные на примере вышеописанного горизонта.

Компонентный состав пелитовой фракции сопочных отложений отличается присутствием гипса и довольно высоким содержанием для данного региона смектита и смешаннослойных минералов (около 20-30%). Смешаннослойные минералы представлены практически полным набором минеральных фаз ряда иллит-смектит с различным содержанием пакетов. Также присутствуют вермикулит и, вероятно, смешаннослойное образование ряда смектит-хлорит. Гидрослюда характеризуется высокой степенью гидратированности структуры.

Тип С («материал глиняных диапиров»). Из обнаруженных по геофизическим данным были опробованы две предполагаемые диапировые структуры. На наш взгляд, типичный диапировый материал, представлен в колонке АТ-128G в интервале 35-40 см, сложенный плотными серыми алевритовыми пелитами с обломками пород различного размера и глинистыми окатышами (см. рис. 1). По всем гранулометрическим параметрам и составу пелитовой составляющей эти осадки аналогичны сопочным отложениям из Хаакон Мосби (см. рис. 2, 6).

Станция АТ-136G была отобрана с другой предполагаемой диапировой структуры. По внешнему облику осадки нижнего горизонта (40-45 см), аналогичны вышеописанному (см. рис. 1), однако отличаются лучшей сортированностью, выраженной в резко одновершинных гистограммах состава с максимумом в тонких пелитах (см. рис. 2), с низким по сравнению с материалом из АТ-128G (35-40 см) содержанием грубого и среднего пелита, а также характеризуются неполным бимодальным распределением (см. рис. 6а) с максимумом в тонких алевритах и резко «незавершенным» максимумом в тонких пелитах. Кумулятивные кривые плавные, располагаются ниже линий сопочных брекчий и имеют размытый перегиб в пелитах, так что образуется «впадина» (см. рис. 6б). Минеральный состав пелитовой фракции аналогичен диапировому материалу из колонки АТ-128G.

Тип D («переотложенные осадки»). В данном регионе встречены разные переотложенные осадки.

1. Осадки верхней части колонки, отобранной из типичной диапировой структуры (АТ-128G - 3-35 см) представлены плохо сортированными алевритовыми пелитами буроватого или оливково-коричневого цвета с многочисленными обломками пород.

Гистограммы состава - двухвершинные с максимумами в тонких алевритах и средних пелитах. Эмпирические полигоны распределения (см. рис. 6а) - бимодальные с четкими максимумами в тонких алевритах и средних пелитах. (Верхний горизонт (0-3 см) отличается наличием раздвоенного максимума в песчаной области.) Кумулятивные кривые - постепенные (см. рис. 6б), проходят «выше» графиков сопочных отложений, повторяя при этом характер их линий.

В составе пелитовой фракции отмечается присутствие гипса, большого количества смектита и неупорядоченных смешаннослойных минералов (до 30%) ряда иллит-смектит с преобладанием нескольких фаз с фиксированным содержанием пакетов.

2. Осадки верхней части колонки, отобранной из второй предполагаемой диапировой структуры (АТ-136G - 0-40 см), представлены также несортированными слоистыми алевритовыми пелитами буроватого и оливково-коричневого цвета с

многочисленными обломками пород. Они имеют одновершинные гистограммы состава с максимумом в тонких пелитах (см. рис. 2). ЭПР - неполные бимодальные (см. рис. 6а) с широким максимумом в области алевропелитов и резко «незавершенным» максимумом в тонких пелитах. Кумулятивные кривые - плавные, с небольшим «горбом» в пелитовой области, и располагаются ниже линий сопочных брекчий (см. рис. 6б).

Минеральный состав пелитовой фракции аналогичен переотложенным осадкам, охарактеризованным выше.

3. Осадки верхней части (3-70 см) колонки АТ-131G (см. рис. 1) представлены темно-серыми плохо сортированными алевропелитами с глинистыми комочками и небольшими обломками пород и темно-серыми водонасыщенными алевропелитами с миллиметровыми фрагментами глинистых окатышей.

Отложения относительно хорошо сортированные, гистограммы гранулометрического состава характеризуются одновершинностью с максимумом в тонких пелитах (см. рис. 2), ЭПР - неполным бимодальным распределением с невысоким максимумом в тонких алевритах и резко «незавершенным» максимумом в тонких пелитах (см. рис. 4а). Кумулятивные кривые постепенные, с небольшим перегибом в грубых алевритах, при этом по характеру линий графики приближены к сопочным брекчиям (см. рис. 4б).

Компонентный состав глинистой фракции отложений станции АТ-131G аналогичен сопочным отложениям с высоким содержанием набухающих минералов. Характерным отличием этих осадков является присутствие в составе смешаннослойных образований преобладающих минеральных фаз с фиксированным содержанием пакетов смектита и гидрослюды: 40:60, 50:50 и 15:85.

4. Осадки нижней части (70-155 см) колонки АТ-131G (см. рис. 1) представлены темно-серыми плотными, плохо сортированными алевропелитами с песчаной примесью.

Гистограммы аналогичны вышеописанным для верхней части колонки. Эмпирические полигоны распределения - также неполные бимодальные с невысоким максимумом в тонких алевритах и резко «незавершенным» максимумом в тонких пелитах (см. рис. 4а), однако алевритовая мода выше, чем в верхней части колонки, а пелитовый «незавершенный» максимум более резкий. Кумулятивные кривые практически повторяют графики, характерные для верхней части интервала, но имеют небольшой «горб» в области грубого пелита.

Минеральный состав пелитовой компоненты в целом аналогичен таковому в вышележащих осадках, однако наблюдается незначительное увеличение содержания набухающих минералов по сравнению с верхней частью (см. рис. 5).

Обсуждение результатов

Ряд отложений, изученных в оползневой долине в районе острова Медвежий, характеризуются ярко выраженными генетическими признаками. Так, например, генезис сопочных отложений грязевого вулкана Хаакон Мосби и гемипелагических осадков определяется однозначно. Эти две группы осадков резко отличаются по литологическим признакам. Сравнение литологических особенностей этих отложений с «переотложенными» осадками неизвестного генезиса могут дать информацию для выяснения источника материала их образования, а также степени преобразования.

В ходе осадконакопления и переотложения на склоне формируются гемипелагические осадки, для которых характерно низкое содержание тонкого пелита, вероятно, за счет коагуляции (образования естественных агрегатов) в ходе постседиментационных процессов. Крайне низкое содержание смешаннослойных минералов и смектита 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 набухающих минералов в нормальных морских осадках отмечают и другие исследователи [Богданов и др., 1998].

Сопочные отложения в целом являются более глинистыми. Для них характерно специфическое распределение гранулометрических фракций при высоком содержании пелитовых фракций в целом. Такое перераспределение вещества может быть связано с диспергацией материала [Крупская и др., 2001] вследствие многократного переотложения в ходе деятельности грязевого вулкана. Тонкая фракция осадка может выноситься при относительно высоком содержании пелита в отложениях вблизи очага и выводящего канала грязевого вулкана, а также при невысокой подъемной силе.

Среди толщи грязевулканических отложений из кратера грязевого вулкана были обнаружены так называемые «преобразованные» сопочные брекчии, залегающие выше горизонта с погонофорами. Эти отложения характеризуются иным распределением материала по фракциям, нежели сопочные отложения, при том что сохраняются тот же минеральный состав пелитовой фракции. Выявленные литологические особенности не являются генетическими признаками типичных гемипелагических осадков. Укрупнение и трансформацию осадка можно объяснить жизнедеятельностью червей. А сам факт обнаружения горизонта с погонофорами свидетельствует о перерыве в излиянии грязевого вулкана.

Состав осадков нижней части колонки АТ-128G аналогичен сопочным отложениям Хаакон Мосби. На основании этого можно с уверенностью сказать, что геологическая структура, из которой отобрана станция АТ-128G, действительно является глиняным диапиром, а нижний горизонт представляет собой диапировый материал. Источником материала для формирования этого глиняного диапира и грязевого вулкана Хаакон Мосби служили одни и те же отложения. Графики эмпирических полей распределения и кумулятивных кривых верхней части колонки АТ-128G наиболее приближены к графикам, характерным для диапирового материала и сопочных отложений грязевого вулкана, однако довольно четко проявляются некоторые особенности, характерные для гемипелагических осадков, самой яркой из которых является, пожалуй, «завершенность» пелитового максимума на ЭПР. То есть наблюдается перераспределение материала, связанное, скорее всего, с коагуляцией в ходе трансформации осадка на месте, без дальнего переноса. Среди смешаннослойных минералов наблюдается выделение некоторых минеральных фаз с фиксированным соотношением гидрослюдисто-монтмориллонитовых пакетов. Отложения нижней части колонки АТ-136G напоминают по гранулометрическим параметрам диапировый материал, но трансформированный другими процессами, нежели верхняя часть вышеописанного диапира. Вероятнее всего, что исходным веществом для формирования этих отложений послужил диапировый материал. Верхняя же часть представляет собой переотложенные осадки нижележащего горизонта. Таким образом, отложения станции АТ-136G в целом образовались из диапирового материала, но уже преобразованного потоками в ходе своей истории. Можно предположить, что ниже описанных интервалов залегает и диапировый материал.

Осадки из колонки АТ-131G преобразованы из уже переотложенного материала и поэтому среди многих параметров наблюдаются общие черты. Видимые различия в гранулометрических параметрах говорят о различном источнике формирования отложений: верхний интервал (3-70 см) образован, скорее всего, из поверхностных гемипелагических осадков, а нижний (70-165 см) - из материала грязевого вулкана или глиняного диапира, уже трансформированного и переотложенного потоками. Среди смешаннослойных глинистых минералов отмечается характерное выделение минеральных фаз с определенным соотношением гидрослюдистых и монтмориллонитовых пакетов. Заметим, что этот факт проявляется только в переотложенных осадках, а не трансформированных на месте, как, например, в верхней части диапировой структуры в станции АТ-128G. То есть обнаружение в составе пелитовой составляющей большого количества неупорядоченных смешаннослойных минералов с выделением минеральных фаз с фиксированным соотношением иллит-

монтмориллонитовых пакетов может говорить о том, что эти осадки были переотложены некими потоками.

Заключение

Проведенное исследование позволило выявить литологические особенности сопочных отложений, диапирового материала, гемипелагических осадков, а также осадков, сформированных из материала грязевых вулканов или диапиров, и гемипелагических осадков за счет переотложения потоковыми процессами, развитыми в оползневой долине в районе о. Медвежий.

Из гранулометрических характеристик наиболее информативными оказались графики эмпирических полей распределения и кумулятивных кривых. Гистограммы состава позволяют лишь грубо разделить осадки по группам. Так, гемипелагические осадки отличаются от грязевулканических отложений и переотложенных осадков низким содержанием тонкодисперсной глинистой фракции (<0,001 мм).

Форма эмпирических полей распределения в первую очередь говорит о генезисе осадков. Для гемипелагических осадков характерны хорошо выраженные моно- или бимодальные распределения с максимумами в тонких алевритах (0,05-0,01 мм) и средних пелитах (0,005-0,001 мм). Для сопочных отложений грязевого вулкана и материала глиняных диапиров - «неполные» поля с четким максимумом в тонких алевритах и «незавершенным» максимумом в тонких пелитах (<0,001 мм). Переотложенные осадки отличаются резко незавершенным максимумом в тонких пелитах со стремлением к самой тонкой фракции осадка.

Крутизна линий кумулятивных кривых говорит о степени переотложенности материала: гемипелагические осадки имеют крутые линии, а сопочные отложения - графики прямой пропорциональности. Соотношение максимумов на графиках эмпирических полей распределения и близость линий кумулятивных кривых к линиям сопочных отложений или гемипелагических осадков позволяют судить об источнике материала для формирования переотложенных осадков, будь это гемипелагические осадки или отложения грязевых вулканов и глиняных диапиров.

Появление неупорядоченных смешаннослойных минералов ряда иллит-сметтит в составе пелитовой фракции не характерно для гемипелагических осадков, в то время как выделение среди этих минералов преобладающих фаз с фиксированным содержанием иллит-сметтитовых пакетов говорит о преобразовании осадков потоковыми процессами.

Среди сопочных отложений Хаакон Мосби выделяются две литологические разновидности: собственно сопочные отложения грязевого вулкана и «преобразованные» сопочные отложения в ходе жизнедеятельности трубчатых червей.

Авторы выражают особую признательность сотруднику геологического факультета Санкт-Петербургского университета Э.А. Гойло, аспиранту геологического факультета Санкт-Петербургского университета В.Ф. Сапего и сотруднику геологического факультета Московского государственного университета В.Л. Косорукову за консультации и помощь в проведении рентгенофазовых анализов глинистых минералов, а также сотруднику центра ЮНЕСКО-МГУ по морской геологии и геофизике при Московском государственном университете Г.Г. Ахманову за ценные рекомендации при написании работы.

Литература

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.

Крупская В.В., Андреева И.А., Сергеева Э.И., Черкашев Г.А., Вогт П.Р., Иванов М.К. Грязевой вулкан Хаакон Мосби (Норвежское море): особенности строения и состава отложений // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. Москва, Научный Мир, 2001, с. 492-502.

Шлыков В.Г. Рентгеновские исследования грунтов. Учебное пособие. М.: МГУ. 1991. 184 с.

Eidvin T., Jansen E., Riis F. Chronology of Tertiary fan deposits off the western Barents Sea: implications for the uplift and erosion history of the Barents shelf // Marine Geology. 1993. Vol. 112. P. 109-131.

Vorren T.O., Richardsen G., Knutsen S.-M., Henriksen E. Cenozoic erosion and sedimentation in the western Barents Sea // Marine Petroleum Geology. 1991. Vol. 8. P. 317-340.

The indicators of hemipelagic sediments, mud breccia of the Haakon Mosby mud volcano, diapiric material and redepositional sediments was distinguished based on lithological methods. Source of redepositional sediments and degree of sediments transform were found out.

Ссылка на статью:



Крупская В.В., Андреева И.А. **Литологические особенности донных отложений района острова Медвежий (Норвежское море)** // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. Москва, Научный Мир, 2001, с.503-510.