

УДК 551.35, 550.8.05

## СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЦЕНТРАЛЬНОЙ АТЛАНТИКИ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕГО СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

© 2024 г. А. Г. Росляков<sup>1, 2, \*</sup>, Н. Н. Дмитриевский<sup>1</sup>, Р. А. Ананьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\* e-mail: aros160@mail.ru

Поступила в редакцию 01.04.2024 г.

После доработки 03.04.2024 г.

Принята к публикации 18.04.2024 г.

Проведена геологическая интерпретация данных сейсмоакустического профилирования с высоким разрешением, полученных в центральной Атлантике в 60-м рейсе НИС “Академик Иоффе”. По особенностям сейсмической волновой картины выделены сейсмofации отложений абиссальных равнин, контуритов, гравитационных отложений, осадочных волн. Генетическая интерпретация выполнена с учетом результатов литологического изучения колонок донных осадков, полученных в предыдущие годы в научных экспедициях ИО РАН (32-й и 35-й рейсы НИС “Академик Иоффе”), а также данных глубоководного бурения. Роль гравитационных процессов в формировании приповерхностного осадочного слоя наиболее велика на участке района работ, примыкающем к континентальной окраине Южной Америки. Во всем районе отмечается широкое участие придонных течений как одного из главных агентов седиментогенеза, причем не только в формировании контуритовых дрейфтов, но и в накоплении стратифицированных гемипелагических осадков.

**Ключевые слова:** гравитационные отложения, контуриты, осадочные волны, сейсмоакустические исследования, разрешающая способность

DOI: 10.31857/S0030157424050066, EDN: OFXIEM

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплен большой объем геолого-геофизических данных по геологии и геоморфологии пассивных континентальных окраин, в том числе в центральной Атлантике [3, 5–7, 9, 10, 13, 16, 18]. В то же время, ряд вопросов, касающихся действия и роли различных агентов седиментогенеза, остается не до конца выясненным. В частности, это касается соотношения и интенсивности проявления в разных геоморфологических зонах океана трех главных процессов седиментации: фонового гемипелагического осадконакопления, отложения материала гравитационными потоками, переноса и накопления осадков придонными (в том числе, контурными) течениями.

Основой для продвижения в решении данного вопроса должно стать уточнение и расширение системы критериев идентификации указанных генетических типов отложений – гемипелагитов, гравититов и контуритов, причем не только по результатам литологического изучения осадков,

но и по характерным особенностям сейсмических волновых картин.

В настоящей статье рассматриваются сейсмические образы этих отложений, полученные при сейсмоакустическом профилировании в нижней части континентального склона, на континентальном подножии и абиссальных равнинах центральной Атлантики в ходе 60-го рейса НИС “Академик Иоффе”. Разработка классификации типов сейсмического волнового поля, характеризующих различные генетические типы отложений, остается актуальной научной задачей, несмотря на значительный объем исследований, проведенных отечественными и зарубежными специалистами [11, 17].

### МЕТОДИКА И АППАРАТУРА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы по сейсмоакустическому профилированию в ходе научных рейсов НИС “Академик Иоффе”, результаты которых обсуждаются

в статье, проводились с помощью акустического эхолота-профилографа *SES-2000 deep* (Innomar Technologie GmbH, Rostock, Germany), стационарно установленного на судне. В профилографе реализуется эффект нелинейного взаимодействия в водной среде двух излучаемых акустических сигналов высокой частоты с образованием разностного низкочастотного узконаправленного сигнала, который и используется для зондирования осадочных слоев под дном [1, 12]. Кроме того, высокочастотный канал прибора выполняет функции обычного узколучевого стабилизированного эхолота для выполнения точных батиметрических измерений. Прибор *SES-2000 deep* является самым мощным из семейства профилографов *SES*, штатно предназначен для работы при глубинах океана до 6000 м, однако при благоприятных внешних условиях он успешно применяется и на глубине 7000 м.

Конструктивно прибор состоит из приемо-излучающей антенны, жестко вмонтированной в днище судна, блоков излучения, приема и обработки сигналов. Размеры антенны в плане около 1 x 1 м. К блоку приема и обработки сигналов была подведена информация от судовой навигационной системы и от датчика положения судна (крен, дифферент, вертикальные перемещения), установленного в непосредственной близости от антенны и блока приема-передачи. В качестве датчика перемещения используется прибор *Kongsberg Seatex AS*.

Непрерывное сейсмоакустическое профилирование в 60-м рейсе НИС «Академик Иоффе» велось по всему маршруту экспедиции от границы

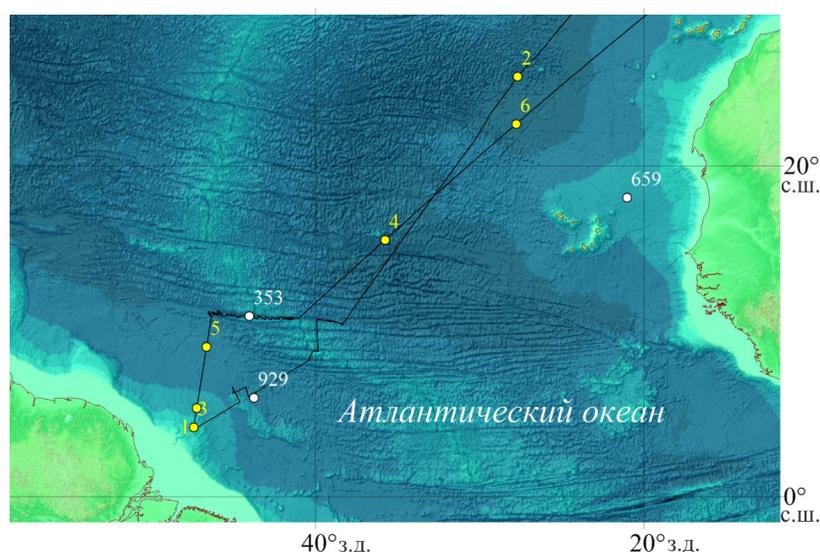
экономической зоны Испании через Канарскую котловину, зону трансформного разлома Вима, Гвианскую котловину до границы экономической зоны Бразилии (рис. 1). Работы проводились на скорости 12–13 узлов практически непрерывно в течение 31 дня. Общая длина выполненных промерных галсов составила 6650 морских миль. Основные параметры настройки профилографа *SES-2000*, использовавшиеся в ходе работ: рабочая частота 4–6 кГц, скорость излучения – до шести импульсов в секунду [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного сейсмоакустического профилирования вдоль всего маршрута было изучено строение верхней части осадочного чехла на глубину до 85 м с разрешающей способностью по вертикали около 0.5 м.

Специфика проведения работ – прежде всего, региональный характер профилирования (по двум близкорасположенным профилям, пересекающим всю Центральную Атлантику), а также относительно малая глубинность исследований, – накладывает определенные ограничения на методику интерпретации данных. В частности, нет возможности анализа пространственной формы пересеченных геологических тел, затруднительно и не рационально разбиение разреза на сейсмические комплексы и их прослеживание на профилях столь значительной протяженности и пересекающих разные структурно-геоморфологические зоны океана.

В этих условиях представляется целесообразным остановиться на общей характеристике



**Рис. 1.** Район исследований. Черная линия – маршрут экспедиции. Желтые кружки – положение участков с фрагментами профилей, показанных на рисунках 2–6. Белые кружки – скважины ODP / DSDP и их номера.

и описании зафиксированной волновой картины и ее генетической интерпретации с выделением отдельных сейсмофаций. Под сейсмофацией в настоящей работе понимается определенный тип волновой картины, отличающийся от смежных участков и характеризующийся специфическим устойчивым набором кинематических и динамических характеристик — геометрией отражений, степенью их непрерывности, частотным составом, амплитудой и др. Главной задачей генетической интерпретации является установление соответствия наблюдаемых параметров сейсмической записи условиям и способу накопления отложений, слагающих соответствующие интервалы реального геологического разреза, и в итоге — переход от сейсмофаций к истинным, геологическим фациям и прогноз литологического состава отложений. Конечно, при интерпретации учитывались факторы, приводящие к осложнению и искажению сейсмоакустического изображения геологического разреза — интерференционный характер отражений, ограниченная вертикальная и горизонтальная разрешающая способность метода, значительные искажения формы границ на больших глубинах, нелинейные процессы формирования волнового поля при использовании параметрического профилографа.

Важнейшее значение для повышения достоверности интерпретации имеет использование данных бурения и пробоотбора, позволяющих верифицировать результаты интерпретации сейсмоакустических разрезов. Для такой верификации были привлечены данные пробоотбора ударными грунтовыми трубками, полученные в районе работ в ходе экспедиций прежних лет, а также имеющиеся данные глубоководного бурения по проектам DSDP и ODP.

На большем своем протяжении (за исключением участков пересечения подводных хребтов) отработанные профили расположены в пределах абиссальной котловины и внешней зоны континентального подножия, где на всей глубине полезной записи профилографа волновая картина представлена непрерывными, протяженными, выдержанными по амплитуде субгоризонтальными отражающими горизонтами. Такая сейсмическая запись предположительно соответствует осадкам, накапливавшимся в спокойных, низкоэнергетических обстановках, без существенного влияния гидродинамического и литодинамического факторов (сейсмофация горизонтально слоистых отложений абиссальных равнин). Однако на некоторых участках выделены интервалы с признаками седиментации в более высоко-

энергетических условиях — сейсмофации отложений контурных течений (контуритов), оползней, обломочных и турбидных потоков (гравититов). Кроме того, обнаружены выходящие на дно малоамплитудные разрывные нарушения и выраженные в рельефе эрозионные формы. Ниже приводится характеристика волновых картин, соответствующая выделенным сейсмофациям.

**Сейсмофация горизонтально слоистых отложений абиссальных равнин.** Наблюдающаяся на большей части профилей сейсмическая запись в виде непрерывных, очень протяженных, практически горизонтальных рефлекторов, очевидно, обусловлена седиментацией в относительно спокойных гидродинамических условиях и хорошей акустической стратификацией отложений. Последняя может быть следствием чередования слоев медленно накапливающихся фоновых гемипелагических нанофоссилиевых илов с прослоями дистальных турбидитов, представленных, по результатам ряда работ, преимущественно маломощными прослоями акустически прозрачных отложений [6, 16]. Примером подобной сейсмической записи может, в частности, служить фрагмент профиля, представленный на рис. 6. При этом различия в акустической жесткости слоев, обуславливающие возникновение отражений, в значительной степени связаны с колебаниями карбонатной и глинистой составляющих в разрезе глубоководных осадков.

Подтверждение такой интерпретации дают результаты пробоотбора грунтовыми трубками, выполненного (при участии авторов) в 32-м и 35-м рейсах НИС “Академик Иоффе” в аналогичных условиях, хорошо акустически стратифицированного разреза, а также материалы глубоководного бурения. Так, литолого-стратиграфический анализ верхней, четвертичной, части осадочного разреза в скважине ODP 929 показал, что акустически стратифицированная толща отражает переслаивание глинистых, известково-глинистых и глинисто-известковых осадков, имеющих разные плотностные характеристики. Рефлекторы на записи профилографа SES, полученной через точку этой скважины, соответствуют резким градиентам содержания  $\text{CaCO}_3$  и, соответственно, плотности. Колебания карбонатности в разрезе, по мнению участников бурения, связаны с ледниково-межледниковыми климатическими циклами плейстоцена и соответствующими вариациями выноса терригенного материала Амазонкой [19].

Участие дистальных турбидитов в формировании акустической стратификации согласуется с данными по колонке АИ 2431 (рейс № 32 НИС

“Академик Иоффе” — координаты 0°46.5' с.ш., 13°31.0' з.д., глубина 4267 м), отобранной во впадине Романш [4]. Наличие в ней маломощного циклита известкового биотурбидита позволяет предположить, что акустическая стратификация имеет турбидитную природу.

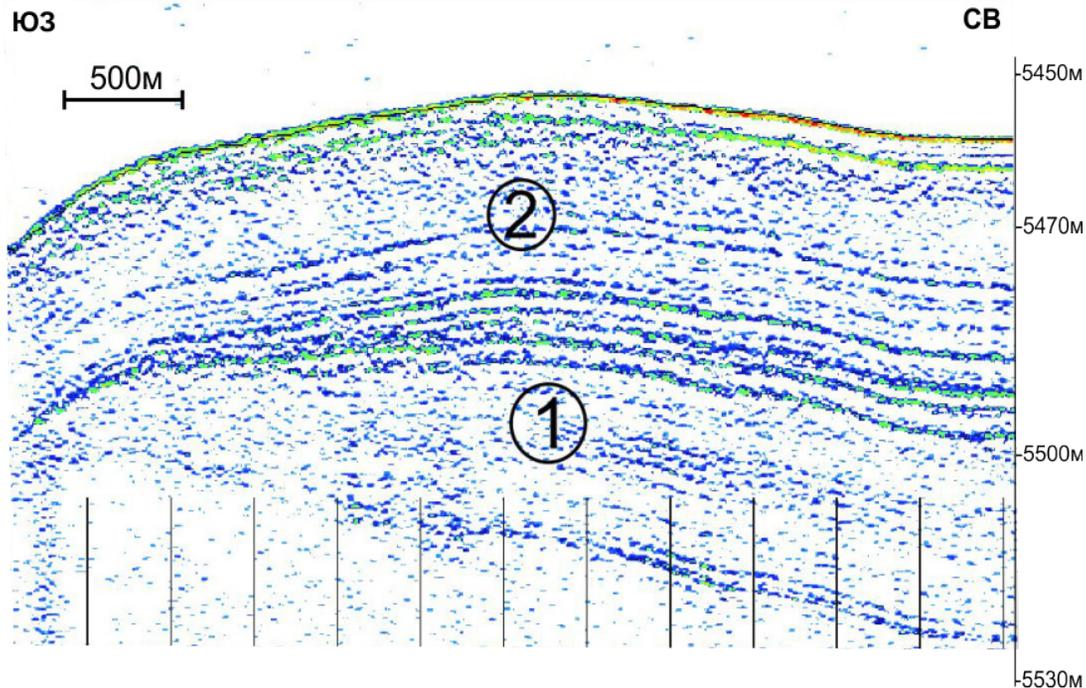
В некоторых колонках, вскрывших отложения горизонтально слоистой сейсмофации, по литологическим признакам фиксируются признаки как турбидитов, так и контуритов. Примером может служить колонка АИ 2560, полученная в рейсе № 35 НИС “Академик Иоффе” на подножии континентального склона в Бразильской котловине (16°25.4' ю.ш., 35°25.5' з.д., глубина 4205 м). Разрез представляет собой переслаивание относительно тонкозернистых известковых, глинисто-известковых и известково-глинистых илов с фораминиферовыми и птероподово-фораминиферовыми песками. Биогенный известковый материал в илах представлен, в основном, нанофоссилиями, содержание фораминифер варьирует в широких пределах. Для слоев ила характерна пятнисто-линзовидная (“мраморовидная”) текстура биотурбации, которая обычно свойственна контуритам. Слои фораминиферовых и птероподово-фораминиферовых песков четко очерчены, характеризуются резкими, часто эрозионными, нижними контактами и в той или иной степени выраженной градиационной текстурой, что позволяет отнести их к базальным членам биотурбидитных циклитов [3].

**Сеймофация контуритов.** Наблюдающиеся в верхней части разреза серии полого-изогнутых согласно расположенных рефлекторов, часто срезающие друг друга с образованием углового несогласия, интерпретируется как контуриты (или пачки переслаивания отложений контурных течений и гемипелагических осадков). Эти серии рефлекторов соответствуют линзовидным пачкам отложений мощностью до нескольких десятков метров с плавным выклиниванием слоев в периферических зонах. Наиболее крупные из подобных аккумулятивных форм образуют обширные возвышенности — холмообразные дрифты с размерами в плане, измеряемыми километрами, часто включающие несколько генераций с различным наклоном внутренних отражений. Предположительно, угол наклона рефлекторов пропорционален скорости придонного течения, формировавшего соответствующую аккумулятивную форму. По морфологическим характеристикам (включая углы наклона слоев) выделяются валлообразные, покровные, пластерные и другие дрифты [7, 14, 18]. В некоторых случаях

они сменяют друг друга в вертикальном разрезе, что может указывать на изменение скорости придонных течений. В качестве примера на рисунке ниже показаны две генерации контуритов, разделенные поверхностью углового несогласия, различия в строении которых, возможно, обусловлены ослаблением скорости течения во времени (рис. 2).

Отложения, представленные описанным типом волновой картины, были вскрыты грунтовыми трубками на станциях АИ 2561 и АИ 2562 (35-й рейс НИС “Академик Иоффе”) на подножии континентального склона в Бразильской котловине, на глубинах 4053 и 3950 м соответственно (координаты — 22°18.9' ю.ш., 36°35.8' з.д. и 22°37.8' ю.ш., 36°47.5' з.д.). Разрезы колонок представлены терригенным песчано-алевритово-пелитовым илом с изменчивым содержанием биогенного известкового материала и с прослоями мелкозернистого терригенного песка. Песчаные прослои толщиной от менее 1 см до 7 см четко обособлены от основной массы ила, без постепенных переходов. По данным изучения смер-слайдов пески мелкозернистые или тонкозернистые (крупный алеврит), хорошо сортированные, почти не содержат ила. В минеральном составе преобладает кварц, много полевых шпатов и слюды. Песчаные прослои предположительно отражают моменты усиления придонного (контурного) течения Антарктических донных вод (ААДВ), верхняя граница которых, вероятно, поднималась выше современного положения (около 4000 м) в последний ледниковый период [3, 10].

Контуриты были вскрыты также скважиной ODP 659, пробуренной в Канарской котловине. Здесь описана циклически слоистая толща нанофоссилиевых илов возрастом от голоцена до конца плиоцена [19]. Цикличность обусловлена чередованием слоев известкового (70–80% CaCO<sub>3</sub>) и глинисто-известкового (40–60% CaCO<sub>3</sub>) фораминиферово-нанофоссилиевого ила, что отражается на физических свойствах осадков и создает тонко стратифицированную, но акустически почти прозрачную картину сейсмической записи. Поскольку скважина находится явно выше КГК и фораминиферового лизоклина, можно заключить, что слои с пониженной карбонатностью образовались не из-за растворения CaCO<sub>3</sub>, а в результате более интенсивного поступления терригенной взвеси. Терригенная взвесь, вероятно, переносится со спускающимися по склону придонными нефелоидными потоками, которые у подножия склона перехватываются глубинным контурным течением. Профиль SES, пройденный



**Рис. 2.** Отложения холмообразного контуритового дрифта. 1 и 2 – разные генерации контуритов, залегающие с угловым несогласием. Участок 2 (положение фрагмента показано на рис. 1).

через эту скважину зафиксировал характерную для контуритов волновую картину с полого-изогнутыми слабо амплитудными рефлекторами [6].

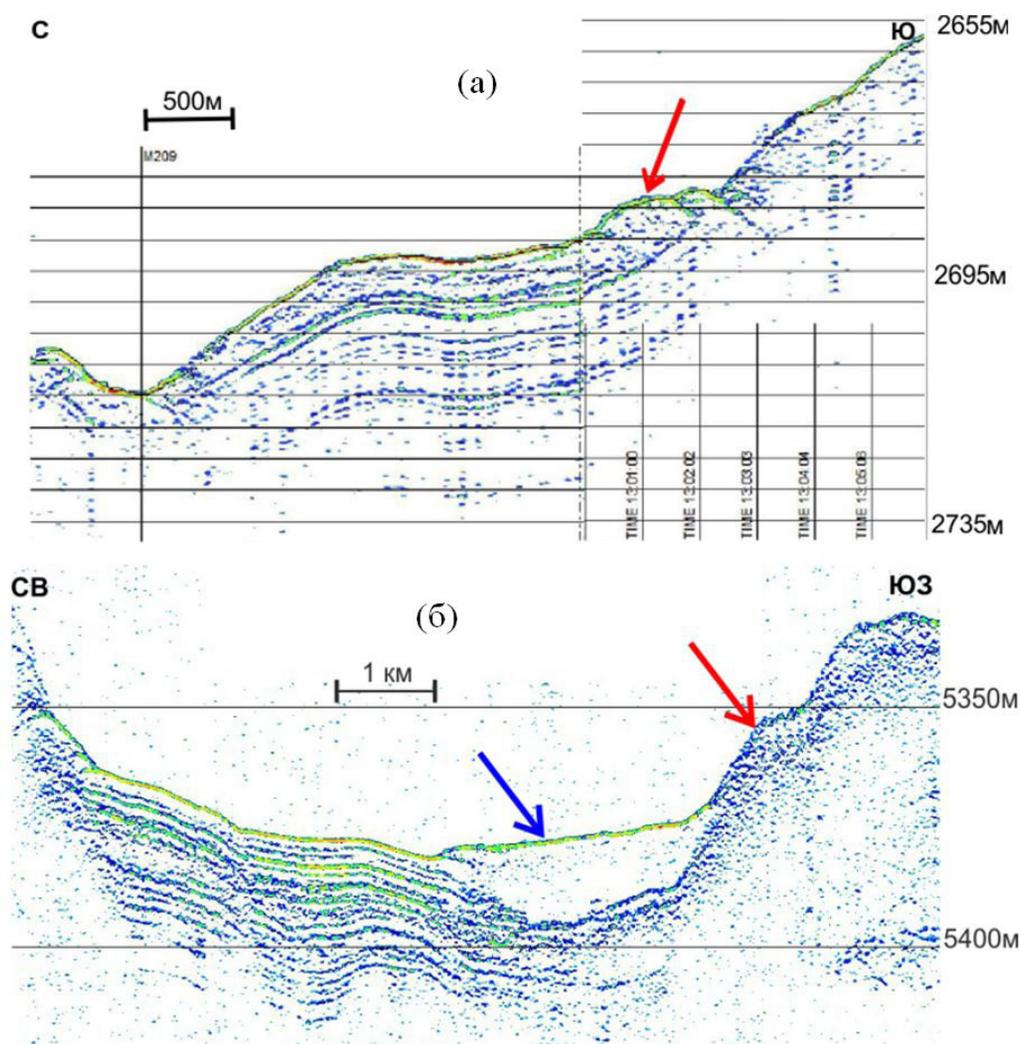
**Сейсмофация гравититов.** Отложения гравитационного генезиса (гравититы) на сейсмических разрезах характеризуются преимущественно хаотическим типом волновой картины, эрозионным характером подошвы, линзовидной, ограниченной в пространстве формой и неровной, часто выпуклой вверх кровлей. Одно из оползневых тел, представленных такой записью, пересечено на конусе выноса Амазонки (рис. 3а). С неровностями рельефа, сопровождающими оползневые тела, часто связаны значительные искажения формы реальных границ на сейсмоакустических разрезах и возникновение дифрагированных волн.

В некоторых случаях гравититы могут быть представлены не хаотической, а акустически прозрачной сейсмической записью (рис. 3б). Акустически прозрачные интервалы разреза значительной мощности могут также соответствовать однородным по составу осадкам, относительно быстро осаждавшимся на определенных этапах из нефелоидных облаков или суспензионных потоков. Возможно, именно такова природа мощных слоев акустически прозрачных отложений, слагающих верхнюю часть разреза в зоне разлома Вима, что согласуется с данными о высоких скоростях седиментации в этой зоне в позднечетвертичное время.

Подтверждение гравититовой природы отложений, представленных подобной сейсмической записью, получено, в частности, при описании колонки АИ 2612, расположенной за пределами района работ в Аргентинской котловине ( $42^{\circ}18.6'$  ю.ш.,  $56^{\circ}02.0'$  з.д., глубина 4263 м). Здесь по данным SES на наклонном участке дна залегают деформированный слой с волновой картиной, аналогичной показанной красными стрелками на рис. 3. В колонке осадков в данном интервале наблюдаются оползневые текстуры, фиксируются резкие неупорядоченные колебания плотности и влажности, свидетельствующие о смешивании осадков разной степени уплотнения при оползании [5].

Отложения турбидных потоков, также относящиеся к гравититам, могут проявляться на записях профилографа как в виде маломощных акустически прозрачных прослоев, так и входить в состав хорошо стратифицированных интервалов в случаях, когда мощность этих прослоев находится на пределе или за пределами разрешающей способности профилографа. Другими элементами описанных выше стратифицированных серий являются гемипелагиты и контуриты.

Тесная пространственная связь контуритов и турбидитов проистекает из самого механизма транспортировки, отложения и переотложения осадков на континентальных окраинах, когда основным источником для контуритов служит



**Рис. 3.** Гравитационные отложения. а) Оползневое тело (стрелка). Признаки – хаотическая запись, выпуклая вверх неровная кровля, выраженная поверхность скольжения. Участок 1 на рис. 1. б) Отложения плотностного потока (синяя стрелка). Признаки – акустически прозрачная запись, эрозионный характер подошвы. Красные стрелки – оползневые блоки на прилегающем склоне подводного хребта. Участок 4 на рис. 1.

материал, переносимый гравитационными потоками. Еще более ситуация осложняется тем, что этот материал может быть не только терригенным, но и биокластическим, образовавшимся за счет размыва карбонатных отложений на вершинах подводных поднятий (выше критической глубины карбоната накопления). Все это приводит к возникновению, во многих случаях, значительных трудностей в определении генезиса отложений и даже выделении таких специфических образований, как гравитит-контуритовые тела [7].

**Сеймофация осадочных волн.** Еще одна специфическая сейсмофация, представляющая осадочную толщу с хорошо выраженной стратификацией, но, в то же время, накопленную при доминировании латерального перемещения материала – это сейсмофация так называемых осадочных волн.

Осадочные волны – специфические холмообразные седиментационные образования, формирующиеся при определенных условиях из материала, выносимого многократно повторяющимися плотностными потоками [20].

Осадочные волны часто наблюдаются на склонах глубоководных конусов выноса, на участках континентальных окраин, примыкающих к устьям крупных рек, во фьордах и других местах, где происходит постоянно действующий вынос больших объемов терригенного материала. Характерным признаком осадочных волн является различная мощность индивидуальных слоев на противоположных флангах волн, обусловленная неравномерным осаждением материала из плотностных потоков. На флангах, обращенных к источнику сноса материала (вверх по склону), откладывается более грубый

материал и в бóльшем количестве, чем на противоположных флангах. Предполагается, что это вызвано торможением потока, в первом случае, и разгоном потока – во втором. В результате возникает асимметрия в строении этих структур, а вершина каждого более молодого слоя оказывается несколько смещенной вверх по течению потока, т.е. наблюдается ретроградационная или обратная миграция волн (*upslope migration*). В ходе рейса ретроградационные осадочные волны высотой до 20–30 м были пересечены во внешней зоне конуса выноса Амазонки (рис. 4).

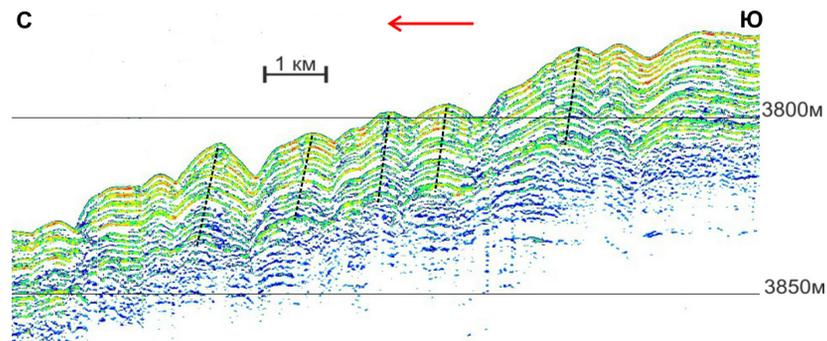
Таким образом, несмотря на внешнее морфологическое сходство с гравитационными складками оползания, осадочные волны не связаны с постседиментационными деформациями осадочной толщи, а представляют собой длительно формирующиеся при определенных условиях (угол склона, постоянная поставка материала, мощность и скорость плотностных потоков) седиментогенные структуры [8, 15].

Необходимо иметь в виду, что мощности индивидуальных слоев, слагающих осадочные волны достаточно малы – как правило, не более первых сантиметров, поэтому на записях профилографа мы видим некоторый интегральный

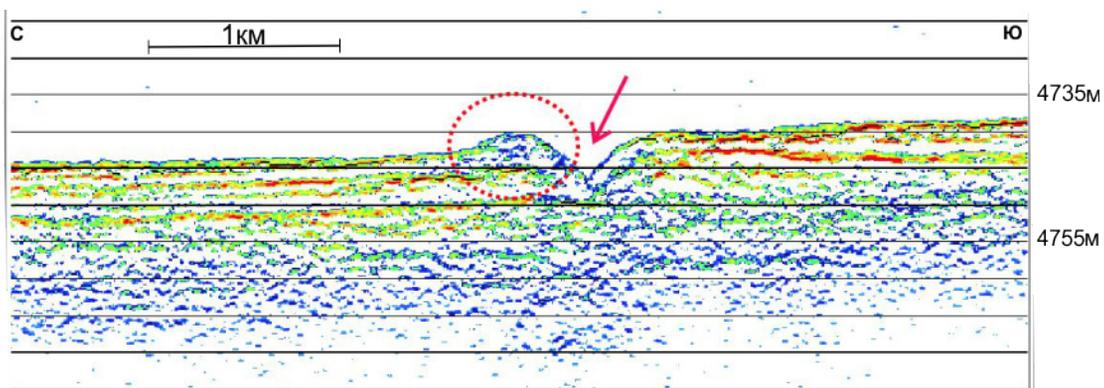
интерференционный эффект, определяющийся реальной разрешающей способностью метода. Кроме того, поскольку параллельно с периодическим сходом плотностных (в частности, турбидных) потоков происходит непрерывная фоновая седиментация, то в строении осадочных волн участвуют также маломощные прослои фоновых гемипелагических осадков.

Во многих случаях в процесс формирования осадочных волн вносят свой вклад постоянно действующие придонные течения, перераспределяющие осадочный материал, и выделяется даже их отдельная разновидность – осадочные волны придонных течений. Однако, осадочные волны, представленные на рис. 4, по нашему мнению, образованы при доминирующей роли плотностных (турбидных) потоков, выносящих терригенный материал с континента. От осадочных волн придонных течений их отличает ярко выраженная обратная миграция и несколько меньшие размеры в плане [9].

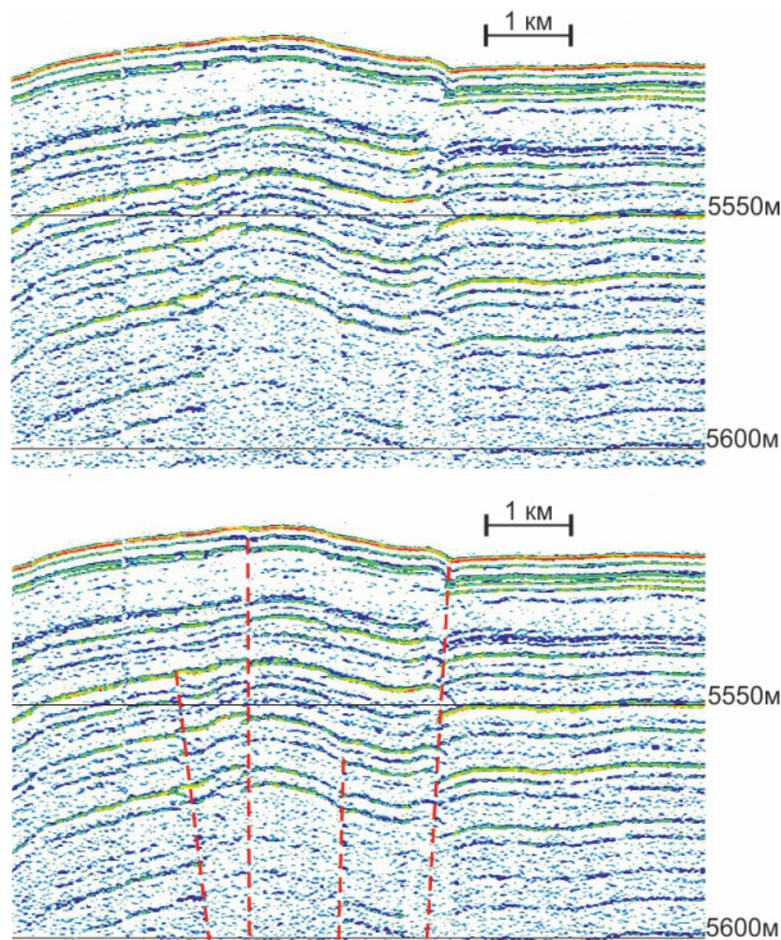
**Эрозионные формы.** Кроме погребенных или частично сnivelированных гравитационными отложениями эрозионных ложбин (например, показанной на рис. 3б), на некоторых участках обнаружены эрозионные формы, отчетли-



**Рис. 4.** Осадочные волны во внешней зоне конуса выноса Амазонки. Красной стрелкой указано направление сноса материала плотностными потоками, черные пунктирные линии соединяют вершины волн; их наклон иллюстрирует смещение вершин вверх по течению потока (обратная миграция). Фрагмент 3 на рис. 1.



**Рис. 5.** Отрицательная форма в рельефе дна (стрелка), связанная с придонным течением. Овал – предположительно аккумулятивный намывной вал. Участок 5 на рис. 1.



**Рис. 6.** Малоамплитудные разрывные нарушения в верхней части разреза (красный пунктир), приуроченные к поднятию в рельефе дна. Вверху – без интерпретации, внизу – с интерпретацией. Фрагмент 6 на рис. 1.

во выраженные в современном рельефе дна и не заполненные осадками. Происхождение их на абиссальных глубинах может быть объяснено эродирующим воздействием на дно плотностных потоков и придонных течений. В некоторых случаях характер проявления этих объектов на временных разрезах позволяет говорить не только об эрозии, но и об аккумуляции материала вдоль одного из бортов в зоне снижения несущей способности течения (рис. 5). К сожалению, отсутствие площадных наблюдений не позволяет определить направление и плановую конфигурацию осей соответствующих потоков.

**Разрывные нарушения.** В ходе профилирования были пересечены разрывные нарушения, затрагивающие верхнюю часть разреза, некоторые из которых выходят непосредственно на дно и даже выражены в рельефе донной поверхности (рис. 6). Несмотря на малую амплитуду смещений по этим разрывным нарушениям (первые метры), само их наличие и проявление в рельефе дна свидетельствует о деформациях, происходив-

ших в недавнем геологическом прошлом, а возможно, продолжающимся и в настоящее время. Природа этих нарушений (тектоническая или гравитационная?) не может быть установлена по имеющимся данным, прежде всего, из-за недостаточной глубинности исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование узколучевого параметрического профилографа SES2000-deep позволяет изучать особенности строения приповерхностного осадочного слоя в глубоководных районах океана с более высокой пространственной разрешающей способностью, чем большинство других модификаций НСП. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность проведения генетической интерпретации сейсмоакустических разрезов на основе детального анализа кинематических и динамических характеристик записи, многие из которых несут важную информацию о способе образования осадочных тел.

По особенностям волновой картины в изученном разрезе были выделены отложения контурных течений (контуриты), оползней, обломочных и турбидных потоков (гравититы). Кроме того, обнаружены выходящие на дно малоамплитудные разрывные нарушения и выраженные в рельефе эрозионные формы рельефа.

Наибольшее распространение эрозионно-аккумулятивных форм, связанных с гравитационными потоками, наблюдается в районе, прилегающем к континентальной окраине Южной Америки. Здесь пересечены оползневые тела, отложения обломочных потоков, осадочные волны с выраженной обратной миграцией. Все эти осадочные образования осложняют поверхность гигантского конуса выноса Амазонки и обязаны своим происхождением, прежде всего, обильному поступлению терригенного материала.

С удалением от этой зоны роль гравитационных процессов и латерального перемещения материала постепенно снижается, проявляясь лишь в наличии глубоководных каналов, и, в некоторых случаях, сопряженных с ними намывных валов, а также маломощных прослоев дистальных турбидитов.

Наконец, в наиболее удаленных от берегов областях на фоне снижения вклада гравитационного перемещения осадков преобладают процессы осаждения из нефелоидных облаков, перемещение которых контролируется постоянно действующими придонными течениями. По-видимому, именно такие течения (в том числе, контурные) являются главным агентом седиментогенеза на большей части рассмотренного района Центральной Атлантики.

Проведенную генетическую интерпретацию сейсмоакустических данных следует рассматривать как часть большой работы по выделению и классификации сейсмофаций глубоководных областей океана, давно ведущейся отечественными и зарубежными специалистами [6, 7, 13, 14, 16, 18].

**Благодарности.** Авторы выражают искреннюю благодарность начальнику экспедиции Ивановой Е.В. и членам научного состава экспедиции 60-го рейса НИС “Академик Иоффе”, принявшим участие в получении и обсуждении приведенных результатов. Кроме того, авторы благодарят экипаж судна за оказание технической помощи в проведении работ.

**Источники финансирования.** Работа выполнена в рамках темы Государственного задания ИО РАН № FMWE-2024-0019.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитревский Н.Н., Ананьев Р.А., Либина Н.В., Росляков А.Г.* Использование сейсмоакустического комплекса для исследования верхней осадочной толщи и рельефа морского дна в восточной Арктике // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 3. С. 412–417.
2. *Иванова Е.В., Борисов Д.Г., Демидов А.Н. и др.* Исследования осадконакопления и характеристик водных масс тропической Атлантики в 60-м рейсе НИС “Академик Иоффе” // *Океанология*. 2022. Т. 62. № 4. С. 670–672.
3. *Левченко О.В., Мурдмаа И.О., Иванова Е.В. и др.* Новые результаты сейсмофациального анализа четвертичных отложений Западной Атлантики // *Докл. РАН*. 2014. Т. 458. № 4. С. 480–485.
4. *Левченко О.В., Мурдмаа И.О.* Стратегия системных исследований структуры донных осадков вдоль трансатлантических геотраверзов (32-й рейс научно-исследовательского судна “Академик Иоффе”, осень 2010 г., Калининград – Ушуая) // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 1. С. 139–144.
5. *Мурдмаа И.О., Иванова Е.В., Казарина Г.Х. и др.* Средне-верхнечетвертичные отложения северного сектора контуритовой системы континентального склона Патагонии (юго-западная Атлантика) // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48. № 1. С. 93–120.
6. *Мурдмаа И.О., Левченко О.В., Маринова Ю.Г.* О четвертичных сейсмофациях континентального подножия Атлантического океана // *Литология и полезные ископаемые*. 2012. № 5. С. 427–450.
7. *Мурдмаа И.О., Росляков А.Г., Борисов Д.Г.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в северном секторе контуритовой системы континентального склона Патагонии // *Океанологические исследования*. 2018. Т. 46. № 3. С. 193–213.
8. *Сорокин В.М., Росляков А.Г.* Строение и состав осадочных волн в Среднем Каспии // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*. 2019. № 1. С. 80–88.
9. *Borisov D., Frey D., Levchenko O.* Sediment waves on the Santa Catarina plateau (western south Atlantic) // *Journal of South American Earth Sciences*. 2020. V. 102. 102698.
10. *Borisov D., Murdmaa I., Ivanova E., Dorokhova E.* Late Quaternary lateral sedimentation in the Sao Tome Seamount area of the western South Atlantic // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2019. V. 19. ES6014.
11. *Damuth J.E., Hayes D.E.* Echo character of the east Brazilian continental margin and its relationship to sedimentary processes // *Marine Geology*. 1977. V. 24. P. 73–95.
12. *Dmitrievskii N.N., Anan'ev R.A., Libina N.V., Roslyakov A.G.* Seismoacoustic studies of the upper sedimentary stratum and the seafloor relief in the East Arctic seas during the 57th cruise of the R/V Akade-

- mik M.A. Lavrent'ev // *Oceanology*. 2012. V. 52. № 4. P. 576–578.
13. *Faugeres J.C., Stow D.A.V., Imbert P., Viana A.* Seismic features diagnostic of contourite drifts // *Marine Geology*. 1999. V. 162. P. 1–38
  14. *Hernández-Molina F.J., Llave E., Stow D.A.V.* Continental Slope Contourites // *Developments in Sedimentology*. 2008. V. 60. P. 379–408.
  15. *Hopfauf V., Spieß V., Fachbereich Geowissenschaften.* A three-dimensional theory for the development and migration of deep sea sedimentary waves // *Deep-Sea Research, Part I: Oceanographic Research Papers*. 2001. V. 48. № 11. P. 2497–2519.
  16. *Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Borisov D.G. et al.* Investigation of Contourite Systems in the South Atlantic during Cruise 46 of the R/V Akademik Ioffe // *Oceanology*. 2016. V. 56. № 5. P. 322–324.
  17. *Maestro A., Gallastegui A., Moreta M. et al.* Echo-character distribution in the Cantabrian Margin and the Biscay Abyssal Plain // *Journal of Maps*. 2021. V. 17. № 2. P. 547–556.
  18. *Rebesco M., Stow D.* Seismic expression of contourites and related deposits: a preface // *Mar. Geophys. Res.* 2001. V. 22. P. 303–308.
  19. *Ruddiman W., Sarnthein M., Baldauf J. et al.* Proc. ODP, Initial Reports. V. 108. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1988. P. 311–328.
  20. *Wynn R.B., Stow D.A.V.* Classification and characterisation of deep-water sediment waves // *Marine Geology*. 2002. V. 192. P. 7–22.

## THE STRUCTURE OF THE UPPER SEDIMENT COVER IN THE CENTRAL ATLANTIC BASED ON HIGH-RESOLUTION SEISMOACOUSTIC DATA

A. G. Roslyakov<sup>a, b, \*</sup>, N. N. Dmitrevsky<sup>a</sup>, R. A. Ananyev<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

\* e-mail: aros160@mail.ru

The study is dedicated to the geological interpretation of high-resolution seismoacoustic data acquired in the Central Atlantic during the 60th cruise of the RV *Akademik Ioffe*. Seismic facies of abyssal plane deposits, contourites, gravities, and sediment waves have been identified based on specific characteristics of the seismic structure of the upper sediment cover. Geological interpretation was conducted considering the results of lithological studies of sediment cores collected during research cruises of the Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, as well as deep-sea drilling data. The role of gravity-driven processes in the formation of near-surface deposits is most significant in the region adjacent to the continental margin of South America. In the entire study area, bottom currents are considered as one of the main agents of sediment cover formation. They are responsible both for the deposition of contourite drifts and stratified hemipelagic sediments.

**Keyword:** gravity deposits, contourites, sedimentary waves, seismoacoustic studies, resolution