

УДК 552.5+551.24

## ПАЛЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ПОЛИФАЦИАЛЬНАЯ ОСАДОЧНАЯ СИСТЕМА ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ КОТЛОВИНЫ НАНСЕНА<sup>1</sup>

© 2021 г. С. Ю. Соколов<sup>а</sup>, \*, Е. А. Мороз<sup>а</sup>, Н. П. Чамов<sup>а</sup>, И. С. Патина<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Геологический институт РАН, Пыжевский пер., 7, стр. 1, Москва, 119017 Россия

\*e-mail: sysokolov@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.02.2021 г.

После доработки 09.03.2021 г.

Принята к публикации 26.04.2021 г.

Составлено сводное сейсмостратиграфическое описание осадочного чехла котловины Нансена по данным из Норвежского сектора Евразийского бассейна и результатам интерпретации данных Росийского проекта Арктика-2011. Установлено, что колебания уровня моря оказывали существенное влияние на процессы седиментации в Арктическом бассейне. В периоды регрессий происходило разрушение шельфа и склона, а в глубоководной части формировались мощные конусы выноса, контуриты и оползневые тела, которые проявлены как в молодых неоген-четвертичных, так и в более древних сейсмокомплексах котловины Нансена. Эти осадочные тела находятся в пределах современных очертаний конусов выноса, выделяющихся в рельефе дна как в молодых, так и в более древних сейсмокомплексах; материал их выполнения поступал по желобам Франц-Виктория и Св. Анны, уже существовавшим к началу раскрытия Евразийского бассейна. Удаленные части конусов выноса образуют в пределах котловины протяженные осадочные тела, характеризующиеся потерей когерентности и осветлением сейсмической записи. На всех разрезах вблизи континентального подножия выделяются контуриты. Оползневые тела встречаются у бровки шельфа. Миоцен-плиоценовые комплексы содержат осадочные отложения гравитационных потоков, удаленные от современной границы конусов выноса более чем на 100 км. Осадочное заполнение котловины Нансена регулировалось интенсивностью привноса терригенного материала и изменениями гидрологического режима бассейна при смене его изоляции на соединение с Мировым океаном. Накопление контуритов началось в миоцене, они встречаются у континентального подножия вместе с лопастями конусов выноса, и разделить эти осадочные формы не удастся. Наиболее резкое падение уровня моря на рубеже плиоцена и четвертичного времени способствовало интенсивному привносу осадочного материала и формированию обширных зон потери когерентности в удаленных частях конусов выноса. Встречаемость и пространственное распределение контуритов и отложений гравитационных потоков в пределах котловины связаны с эпизодами изменений уровня моря и находятся в противофазе с интенсивным проявлением эрозионных процессов на шельфе Баренцева моря, зависящим от вертикальных движений в обрамлении акватории – у архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. Сейсмические разрезы без наложенной интерпретации приведены в электронном приложении к настоящей статье.

**Ключевые слова:** котловина Нансена, контуриты, конус выноса, оползни, колебания уровня моря.

**DOI:** 10.31857/S0024497X21050050

Недостаток сведений о вещественном составе осадочных комплексов и фундамента высокоширотной Арктики и, в частности, центральной части котловины Нансена (максимальная глубина 4000 м), расположенной между хребтом Гаккеля (на севере) и северным обрамлением шельфа Баренцева моря (на юге), фокусирует внимание на геофизических данных о строении этого района – сейсмических разрезах в пределах Евразийского

бассейна (рис. 1). Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов (ОГ) в глубоководной части бассейна остается достаточно неопределенной ввиду отсутствия геологических реперов или их большой удаленности. В связи с этим основной подход к выяснению стратификации осадочного чехла в бассейне основывается на характеристике волновых полей и прослеживании ОГ. Непосредственное прослеживание региональных субгоризонтальных ОГ из котловин на континентальный склон часто затруднено из-за потери корреляции рефлекторов и вследствие оползневых деформаций за бровкой шельфа. Как показа-

<sup>1</sup> Дополнительная информация для этой статьи доступна по doi 10.31857/S0024497X21050050 для авторизованных пользователей.

но на рис. 1, сейсмическая изученность котловины Нансена имеет низкую плотность. На схеме приведены все разрезы центральной части котловины Нансена в Российских экономических водах. В настоящей работе используются разрезы проекта Арктика-2011, которые не пересекают бровку шельфа, начинаются в верхних частях континентального склона и выходят в котловину.

Рельеф дна в области примыкания котловины Нансена к северному склону шельфа Баренцева моря (см. рис. 1) характеризуется развитием конусов выноса полукруглой морфологии, что указывает на интенсивное современное поступление осадочного материала из желобов северной части шельфа. Разрез таких осадочных тел, как правило, характеризуется переслаиванием отложений гравитационных потоков и контурных течений, а интенсивность привноса ими осадочного материала весьма чувствительна к колебаниям уровня моря и, в случае Баренцева моря, к ледниковым событиям. Многоканальные сейсмические данные федерального проекта Арктика-2011 позволяют осуществить интерпретацию ОГ в верхней части разреза, датируемой неоген-четвертичными временами, и выделить в ней сейсмические фации, соответствующие отложениям гравитационных потоков, контурных течений и оползней. Гравитационные процессы в слабokonсолидированных отложениях несут потенциальную опасность для инженерной и навигационной деятельности, что определяет практическую значимость этого исследования.

Выделенные сейсмокомплексы должны соответствовать фундаментальными принципами осадконакопления за бровкой шельфа, основанными на привязке к циклам колебаний уровня моря. Примеры волнового поля рефлекторов в котловине Нансена, выделенных по литературным данным и имеющих привязку к данным бурения, являются эталонными для интерпретации верхней неоген-четвертичной части разрезов профилей Арктика-2011. В пределах разграниченных сейсмокомплексов выделяются сейсмические фации гравитационных процессов, включая разномасштабные оползневые тела, обломочные толщи с некогерентной структурой волнового поля. Их распределение определяется главным регулирующим фактором осадконакопления в переходной зоне – колебаниями уровня моря. Седиментационный профиль осадочной системы определяется взаимосвязанными процессами сбора кластического материала в северной части Баренцева моря, его последующей транспортировкой по каналам и желобам и конечным накоплением в котловине Нансена. Целью статьи является описание функционирования протяженной полифациальной седиментационной системы, включающей континентальный склон и его подножие. Определение вклада в формирование по-

тока терригенного материала колебаний уровня моря, оледенений и вертикальных тектонических движений на шельфе является в настоящее время нерешенной задачей. Авторы понимают ее сложность, так как в исследованном районе отсутствуют данные бурения и существует лишь редкая сеть сейсмических профилей. Тем не менее, анализ доступных данных, корреляция отражающих горизонтов, сейсмокомплексов и их интерпретация с седиментологической и историко-геологической точек зрения позволяют приблизиться к решению задачи разделения вклада различных факторов в осадконакопление в исследуемом регионе.

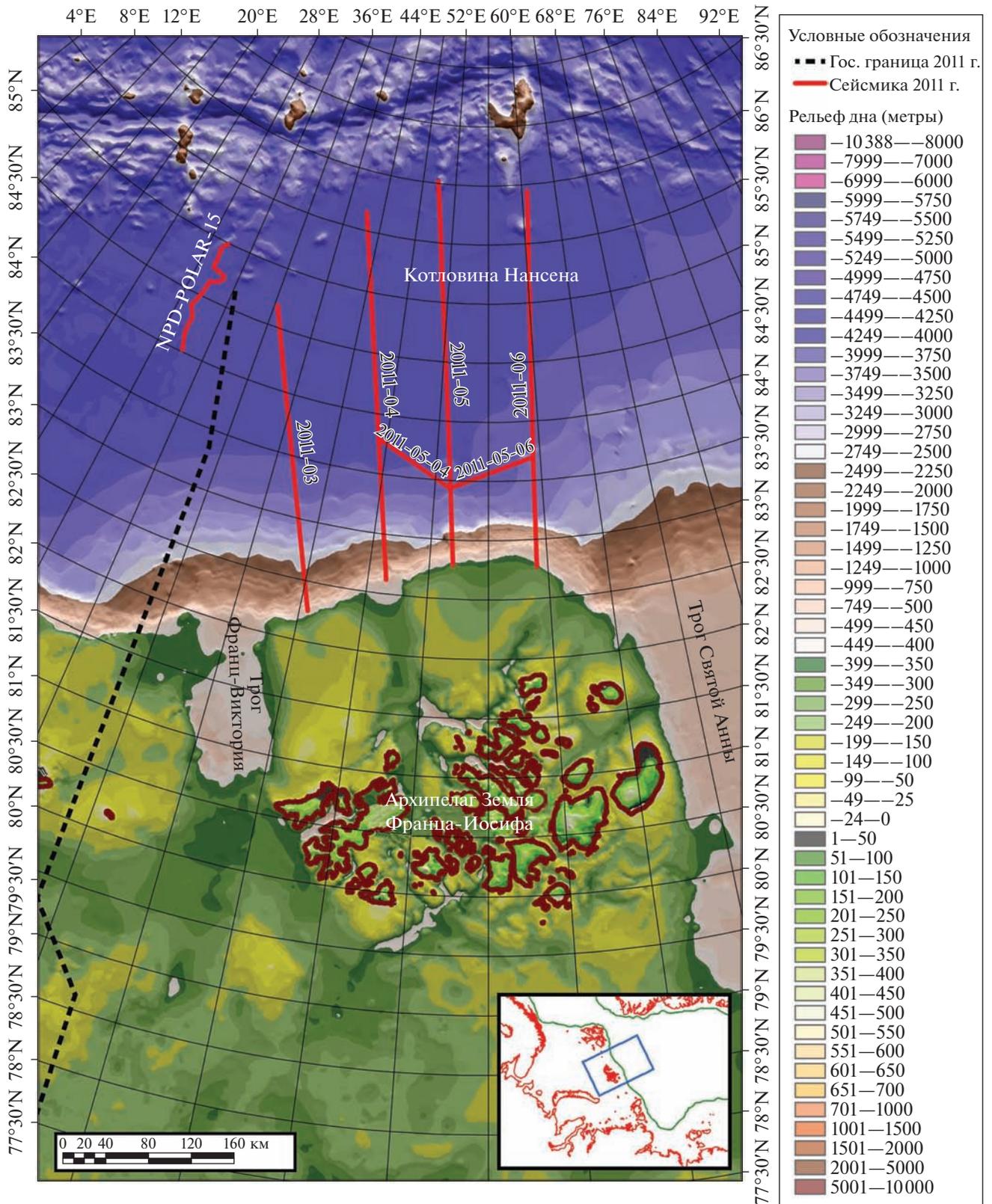
## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### *Сеймостратиграфическая характеристика котловины Нансена*

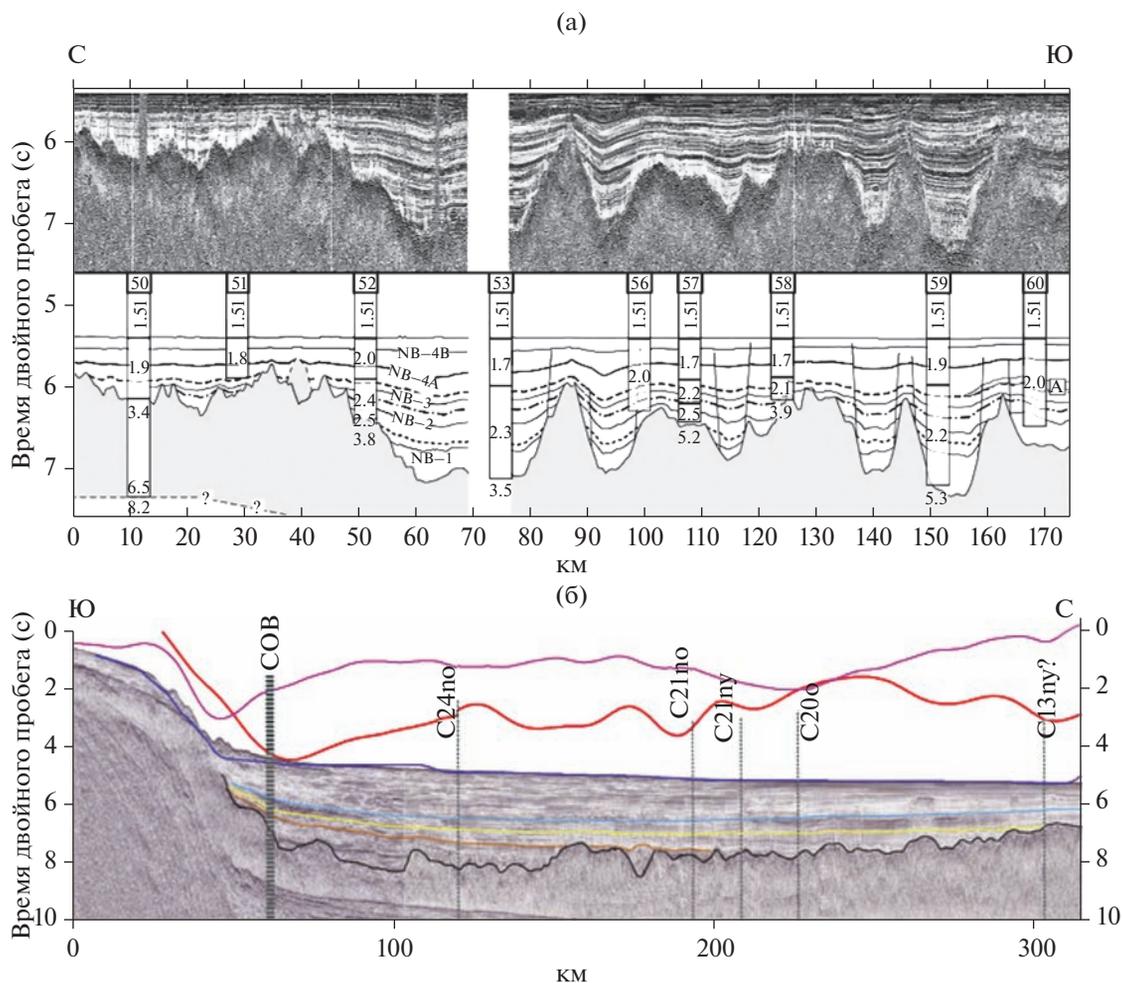
Существенный вклад в сеймостратиграфическое изучение котловины Нансена и ее обрамления был сделан в ходе выполнения российских проектов Арктика 2011, 2012 и 2014 [Nikishin et al., 2018; Арктический ..., 2017]. Было показано, в частности, что значительные изменения в топографии фундамента в котловине Нансена происходили в среднем эоцене (около 43 млн лет назад). Интерпретация протяженных сейсмических разрезов по проекту Арктика-2011 позволила впервые зафиксировать структуру осадочных комплексов склонов и их обрамления в центре и на востоке Евразийского бассейна.

Более ранняя работа по результатам норвежской экспедиции 2001 г. была нацелена на исследование западной части котловины Нансена и ее обрамления [Engen et al., 2009], в ней приведена сеймостратиграфическая схема западной части котловины Нансена. При этом были учтены известные к тому времени данные других авторов [Jackson et al., 1984; Baturin et al., 1994; Riis, 1994; Jokat et al., 1995, 2003; Sorokin et al., 1998; Weigelt, Jokat, 2001; Geissler, Jokat, 2004; Jokat, Micksch, 2004]. В осадочном чехле выделены четыре крупные сеймофации с типичными для осадочных пород пластовыми скоростями распространения звука от 2.4 до 1.8 км/с. Аналогичный средний показатель для поверхности кристаллической коры составил 3.7 км/с. Мощность осадочной толщи достигает 2 км и возрастает в направлении депозцентра на Баренцево-Карском континентальном шельфе.

В ряду последних публикаций по данной теме следует отметить работу немецких авторов [Lutz et al., 2018], посвященную сеймостратиграфии осадочного чехла и конфигурации фундамента в юго-западной части Евразийского бассейна. Используются многоканальные сейсмические данные, которые в сочетании с результатами гра-



**Рис. 1.** Положение сейсмических разрезов “Арктика-2011” [Арктический ..., 2017] и NPD-POLAR-15 [Engen et al., 2009], рельеф дна котловины Нансена и прилегающей части шельфа Баренцева моря. На врезке показано положение основного планшета в Арктическом регионе.



**Рис. 2.** Региональные разрезы западной части котловины Нансена и их интерпретация. а – NPD-POLAR-15 [Engen et al., 2009], б – Арктика-2011-6, по [Nikishin et al., 2018] с изменениями, подписаны индексы магнитных аномалий. Положение профилей показано на рис. 1.

витационных и магнитометрических съемок позволили разработать модель, отражающую формирование и эволюцию фундамента бассейна Нансена.

На основании перечисленных материалов составлено сводное сейсмостратиграфическое описание разреза котловины Нансена, которое послужило основой при интерпретации сейсмических данных в настоящей работе. На рис. 2 приведены ключевые разрезы и результаты их сейсмостратиграфической интерпретации из двух основных публикаций [Engen et al., 2009; Nikishin et al., 2018]. На временных разрезах через котловину Нансена выделяется ряд устойчивых отражающих горизонтов, они являются маркирующими в пределах обширных территорий. На рис. 3 приведена сводная схема корреляции выделенных горизонтов и комплексов.

Сейсмокомплекс акустического фундамента залегает в основании разреза. Он прослеживается

от континентального шельфа и характеризуется хаотической сейсмической записью, отсутствием протяженных отражающих горизонтов и наличием крутых сбросовых и листрических разломов, формирующих грабенообразные впадины. Кровля сейсмокомплекса обычно маркируется отражающим горизонтом Аф.

На акустический фундамент с резким угловым несогласием ложится мощный комплекс недеформированных осадочных пород. Выделенные в публикациях [Engen et al., 2009; Nikishin et al., 2018] осадочные сейсмокомплексы не совпадают (см. рис. 2, 3). А.М. Никишин с соавторами определяют 4 сейсмокомплекса, характерных для Евразийского бассейна: от раннего до среднего эоцена (56–45.7 млн лет), от среднего эоцена до раннего олигоцена (45.7–33.2 млн лет), от раннего олигоцена до раннего миоцена (33.2–19.7 млн лет) и от раннего миоцена до настоящего времени (19.7–0 млн лет).



В работе [Engen et al., 2009] проведено более детальное расчленение осадочного разреза: внутри 4 основных сейсмокомплексов выделены подкомплексы. Ниже приведено описание разреза котловины Нансена по [Engen et al., 2009] и отмечены общие и различающиеся характеристики, по сравнению с интерпретацией [Nikishin et al., 2018].

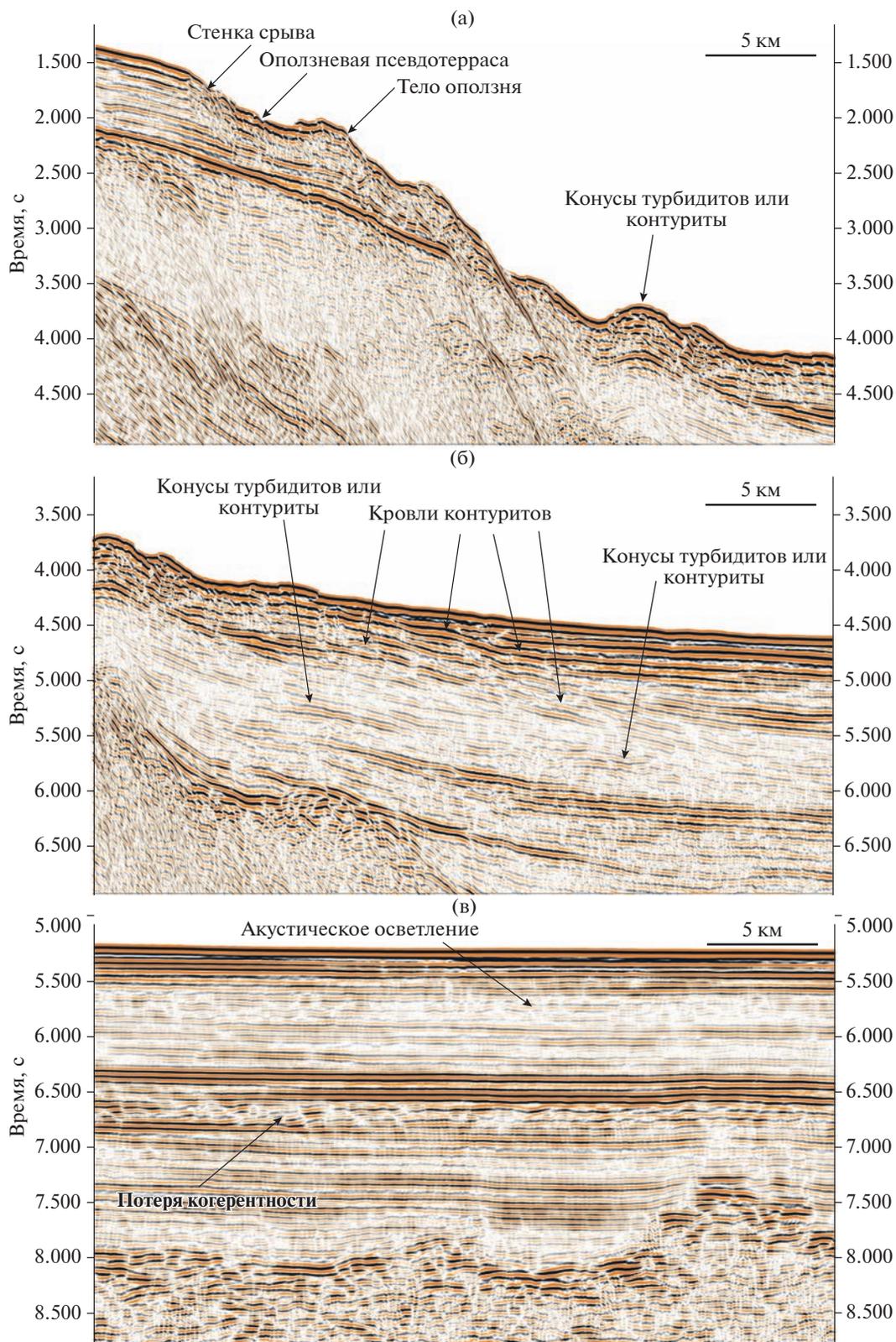
Сейсмокомплекс NB-1 (ранний эоцен–ранний миоцен, 56–23 млн лет) присутствует только в наиболее глубоких частях грабенообразных впадин, где он с резким угловым несогласием залегает на породах акустического фундамента. Это самый древний осадочный комплекс, выделяемый в пределах бассейна Нансена. Максимальная мощность сейсмокомплекса отмечается в наиболее погруженных частях и составляет 0.8 км. Скорости волн колеблются 2.2–2.6 км/с при средней 2.4 км/с. Сейсмическая запись характеризуется прерывистыми, относительно прозрачными, параллельными отражениями в нижней части и протяженными параллельными горизонтами в верхней. По данным [Engen et al., 2009], NB-1 разделяется на две части: нижнюю (NB-1A), которая представляет собой пачку протяженных сильных отражений, субгоризонтально прилегающих к границам разломов; и верхнюю (NB-1B), которая перекрывает разломы и увеличивается в мощности по направлению к суше. Отражающие горизонты относительно прозрачные, с несколькими субпараллельными отражениями. Возраст кровли пачки NB-1A оценивается в 48 млн лет, что практически совпадает с датировкой кровли нижнего комплекса осадочного чехла 45.7 млн лет по [Nikishin et al., 2018], который интерпретируется как комплекс эоценового и, возможно, позднелпалеоценового заполнения зарождающегося бассейна Нансена. Согласно [Nikishin et al., 2018], внутри пачки NB-1B выделяется отражающий горизонт с возрастом 33.2 млн лет, который является верхней границей среднеэоцен–раннеолигоценового сейсмокомплекса. Горизонт протягивается до океанических хребтов и, вероятно, маркирует событие отделения плато Ермак от Гренландии.

Сейсмокомплекс NB-2 (ранний–поздний миоцен, 23–10 млн лет) присутствует на всех профилях серии Арктика-2011 (см. рис. 3, 3–6), распространен в котловине Нансена, а в районе хребта Гаккеля полностью отсутствует. Граница между сейсмокомплексами NB-1 и NB-2 проводится по появлению низкочастотных прерывистых отражений, перекрывающих протяженные параллельные горизонты верхов сейсмокомплекса NB-2. Скорости составляют 1.9–2.5 км/с при средней 2.2 км/с. Средняя мощность сейсмокомплекса около 0.4 км, в наиболее глубоких впадинах она увеличивается до 0.8 км. В нижней части комплекса присутствует пачка низкочастотных

прерывистых отражений, в ее кровле, согласно [Nikishin et al., 2018], выделяется отражающий горизонт, который по магнитным данным датируется возрастом 19.7 млн лет. Выше сейсмическая запись характеризуется протяженными, в основном параллельными отражениями постоянной мощности, которые изгибаются конформно рельефу акустического фундамента. Отражения низкочастотные, с различной амплитудой – от размытого и расплывчатого изображения до непрерывных сильных горизонтов.

Сейсмокомплекс NB-3 (поздний миоцен–поздний плиоцен, 10–2.6 млн лет) присутствует на всех профилях серии Арктика-2011 (см. рис. 3, 4–6). В котловине Нансена он несогласно перекрывает кровлю сейсмокомплекса NB-2 путем кровельного прилегания, с выклиниванием в сторону Северо-Карского бассейна. Данное несогласие носит региональный характер и отражает открытие пролива Фрама в миоцене. При приближении к хребту Гаккеля и зоне отсутствия сейсмокомплекса NB-2, сейсмокомплекс NB-3 с резким угловым несогласием залегает на породах акустического фундамента. Интервальные скорости сейсмокомплекса колеблются в пределах 1.8–2.4 км/с при средней скорости 2 км/с. Мощность сейсмокомплекса в котловине Нансена достаточно равномерная и составляет 0.3 км. При приближении к хребту Гаккеля она коррелируется с рельефом акустического фундамента: увеличивается во впадинах и практически полностью сокращается на поднятиях. Необходимо отметить, что надежность выделения сейсмокомплекса в таком случае крайне невысока из-за отсутствия протяженных горизонтов и буровых данных. Существует вероятность, что впадины заполнены более древними комплексами. Этот вопрос требует прояснения при дальнейших сейсмостратиграфических исследованиях района. В целом акустический облик сейсмокомплекса характеризуется высоко- и среднеамплитудными четкими параллельными отражениями, а также ярко выраженным региональным рефлексором подошвы. Горизонты изгибаются при приближении к поднятиям акустического фундамента, но менее выражено, чем горизонты сейсмокомплекса NB-2.

Сейсмокомплекс NB-4 (поздний плиоцен–настоящее время, 2.6–0 млн лет). Конформная граница между NB-3 и NB-4 является согласной и проводится по непрерывному отражающему горизонту средней амплитуды (см. рис. 3–6). Интервальные скорости сейсмокомплекса колеблются в пределах 1.6–2.0 км/с при средней скорости 1.8 км/с. Мощность около 0.4–0.6 км. В основании сейсмокомплекса, по данным [Engen et al., 2009], выделяется протяженное (~150 км) осадочное тело А с некогерентной структурой волнового поля мощностью около 0.1 км, которое



**Рис. 4.** Образцы сейсмической записи, содержащие отображение оползневых структур и локальных осадочных холмов линзовидной формы, относящихся к лопастям конусов выноса или к контуридам (а); образцы сейсмической записи с дрифтами — осадочными формами, образованными терригенным материалом контурных течений; турбидиты (б); образцы сейсмической записи с примерами акустического освещения и потери когерентности рефлекторов (в).



относится к отложениям обломочных потоков. Это важный региональный корреляционный маркер, и, возможно, следует ожидать присутствия подобных тел в других частях котловины. По характеру сейсмической записи комплекс NB-4 подразделяется на две части: нижнюю (NB-4A), со слабыми параллельными горизонтами и хаотичным полем, и верхнюю (NB-4B) с хорошо выраженными параллельными отражениями, которые заметно ярче, чем установленные в нижележащей части. Эти пачки интерпретируются как два региональных комплекса, сформированных в результате разрушения ледникового склона.

*Колебания уровня моря в котловине Нансена  
в палеогене и неогене*

Колебания относительного уровня моря являются важным фактором эволюции осадконакопления в истории развития осадочных бассейнов. Положение уровня моря зависит от тектонического режима, климата, количества привносимого в бассейн осадочного материала, а также от характера связи бассейна с Мировым океаном.

Сказанное в полной мере относится к Арктическому мегабассейну. Гетерогенность его фундамента, разнообразие частных структур и вариации их движений, влияние тектонических реорганизаций, происходивших в разновозрастных комплексах континентального обрамления в сочетании с зависимостью положения уровня моря от эпох оледенения в Северном полушарии, крайне затрудняют реконструкцию истории осадконакопления. Этим вопросам посвящена обширная литература, в частности [Левитан и др., 2015], однако единая непротиворечивая седиментологическая модель, учитывающая тектонику, климат и гидрологический режим в регионе и его обрамлении, находится пока в стадии разработки. В рамках данной статьи, не нацеленной на обобщающие палеогеографические реконструкции, остановимся на обсуждении результирующих форм рельефа и рассмотрении возможностей их корреляции в пространственно разобщенных и генетически различных бассейнах.

В результате сеймостратиграфических исследований проградационного клиноформенного комплекса шельфа Чукотского моря [Hegewald, Jokat, 2013] установлено, что в позднем эоцене, вплоть до начала миоценового времени Арктический бассейн был изолирован от Мирового океана (см. рис. 3). В раннем миоцене произошло открытие пролива Фрама, в результате чего возобновилась связь Арктического бассейна с Мировым океаном. В позднем миоцене происходило открытие Берингова пролива (см. рис. 3). Эти выводы основаны на несоответствии изменений относительного уровня Чукотского моря, являю-

щегося частью Арктического бассейна, глобальной эвстатической кривой [Hegewald, Jokat, 2013].

Общей характеристикой обстановок формирования осадочного чехла в бассейне котловины Нансена является относительная глубоководность и значительное удаление от источников сноса обломочного материала, что существенно затрудняет выяснение условий седиментации сформировавшихся здесь осадочных комплексов. Разрез шельфа Чукотского моря, напротив, характеризуется отчетливо выраженным клиноформенным строением, отражающим колебания относительного уровня моря, что позволяет провести детальный анализ несогласий и выявить эпизоды изменений седиментационного режима. Для выяснения истории развития котловины Нансена был проведен сравнительный анализ сеймостратиграфических комплексов, выделяемых внутри котловины, с комплексами шельфа Чукотского моря (см. рис. 3).

В нижней части кайнозойского осадочного разреза Чукотского моря выделяется Азолловый горизонт, названный по роду папоротников *Azola*, широко распространенных на суше в этот период в пределах всей Арктики [Collinson et al., 2010]. Горизонт соответствует эпизоду повышения относительного уровня Мирового океана в течение раннеэоценового климатического оптимума и, вероятно, коррелируется с протяженными отражениями верхней части пачки NB-1A котловины Нансена.

Начало изоляции Арктического бассейна было связано с падением (до 200 м) уровня Чукотского моря в конце эоцена. В глубоководных разрезах котловины Нансена это событие выражено в средней части пачки NB-1B сменой прозрачных прерывистых отражений на более четкие и протяженные.

С начала миоцена происходило существенное повышение относительного уровня Чукотского моря, в результате которого возобновилась связь Арктики с Мировым океаном через пролив Фрама. В осадочном чехле котловины Нансена начало этого события выявляется в нижней части сейсмокомплекса NB-2 в виде смены низкочастотных прерывистых отражений на протяженные параллельные горизонты, а непосредственное открытие пролива Фрама выражается как угловое несогласие между сейсмокомплексами NB-2 и NB-3.

Следующим значительным эпизодом в истории развития Арктического бассейна является открытие Берингова пролива в конце миоценового времени. Этот период связан с падением уровня моря в Чукотском бассейне на 100–150 м. Кровля миоцена в разрезе котловины Нансена выражена внутри сейсмокомплекса NB-3 как переход от прерывистых отражений нижней части к четким выдержанным горизонтам его верхней части.

Плиоценовая история изменения относительных изменений уровня Арктического бассейна идентична глобальной. В ней можно выделить два региональных события. Первое связано с падением относительного уровня моря примерно на 50 м и устанавливается по присутствию оползневых и переотложенных осадочных тел в основании раннеплиоценового сейсмокомплекса NB-4. Второе событие также отражает падение уровня моря относительно небольшой амплитуды, по-видимому, спровоцировавшее разрушение ледникового склона, в результате чего сформировались две пачки (NB-4А и NB-4Б) сейсмокомплекса NB-4.

Таким образом, колебания уровня моря оказывали существенное влияние на процессы седиментации в Арктическом бассейне. В периоды регрессии, при низком уровне воды, на шельфе и склоне развивались процессы разрушения, в результате которых в относительно глубоководных частях бассейна формировались мощные конусы выноса и оползневые тела. Наиболее отчетливо результаты гравитационных процессов проявлены в молодых сейсмокомплексах плиоценового возраста.

#### *Интерпретация сейсмических разрезов Арктика-2011-3, 4, 5, 6*

В работе использовались временные разрезы Арктика-2011-3, 4, 5, 6 (см. рис. 1), по которым было проведено выделение основных отражающих горизонтов путем их пикирования по характерным рефлексорам. При пикировании нижнемиоценового и более древних горизонтов (см. рис. 3) использовалась индексация и привязка к разрезу из работы [Nikishin et al., 2018], в которой интерпретация палеогеновых сейсмических комплексов увязана с магнитными аномалиями Евразийского бассейна и прослежена до шельфа моря Лаптевых. Неоген-четвертичные сейсмические комплексы и ограничивающие их горизонты в отсутствие прямой увязки с разрезами в Норвежской части котловины Нансена [Engen et al., 2009] и данными бурения выделялись методом сопоставления с волновым полем данных [Engen et al., 2009] по таким характеристикам, как мощность сейсмических комплексов и особенности записи внутри комплексов (резкое осветление записи, потеря когерентности фаз сигнала, параметры общей интенсивности отраженного сигнала, характер акустической стратификации). Несмотря на то, что сходство волнового поля не гарантирует правильность атрибуции сейсмических комплексов, в данном случае это единственный доступный подход к их идентификации и определению возрастов.

Равномерная субпараллельная акустическая стратификация осадочной толщи котловины на-

рушается вблизи континентального склона формами записи, связанными с оползневыми процессами, отложениями турбидитных потоков и контурных течений (см. рис. 4а, б). При имеющихся в нашем распоряжении данных, отличить их друг от друга не всегда возможно. Для лопастей ближних и средних частей конусов выноса характерно локальное увеличение мощности вблизи континентального подножия с образованием осадочных тел линзовидной формы, нарушающих простую акустическую стратификацию с субпараллельной и субгоризонтальной ориентацией рефлекторов. Такое же локальное увеличение мощности формируется при отложении контуритов, однако вследствие недостаточной разрешающей способности и малой мощности тел не всегда удается определить характерный для контуритов тип рефлекторов с проградацией вверх по склону. Поэтому линзовидные тела на использованных нами разрезах в большинстве случаев показаны в неразделенном виде, как относящиеся и к турбидитам, и к контуритам. В ряде случаев характер напластования, выраженный в характерной конфигурации рефлекторов, позволил установить контуритовую природу линзовидных тел (см. рис. 4б). Для контуритов характерна хорошая акустическая стратификация осадочных тел и определенный тип наращивания, заключающийся в том, что рост таких тел происходит в местах резкой смены характеристик донного потока, приводящей к разгрузке транспортируемых осадков [Faugeres et al., 1999; Rebesco, Stow, 2001; Rebesco et al., 2013]. Лопасте турбидитов характеризуются хаотичной структурой записи, типичной для отложений обломочных потоков. На континентальном склоне хорошо видны структуры, сформированные сходом оползней (см. рис. 4а). Они состоят из стенок срыва, оползневых псевдо-террас и собственно оползневых тел, в ряде случаев налегающих на расположенные ниже по склону ненарушенные осадки. Оползни развиваются в верхней части континентального склона за бровкой шельфа, где слабokonсолидированные осадки находятся в неустойчивом состоянии и начинают смещаться вниз при углах наклона более 1° [Рединг, 1990]. В более древних комплексах континентального склона не всегда удается выделить оползневые тела из-за наложения кратных волн сейсмической записи.

Удаленные части конусов выноса, сформированные турбидными потоками на расстояниях в сотни километров от континентального подножия, представлены в котловинах субгоризонтально стратифицированными отложениями (см. рис. 4в), которые на 2D разрезах могут отличаться от типичного пелагического осадконакопления рядом особенностей. В толще турбидитов из-за постоянной латеральной миграции потоков могут образоваться формы записи в виде коротких ре-

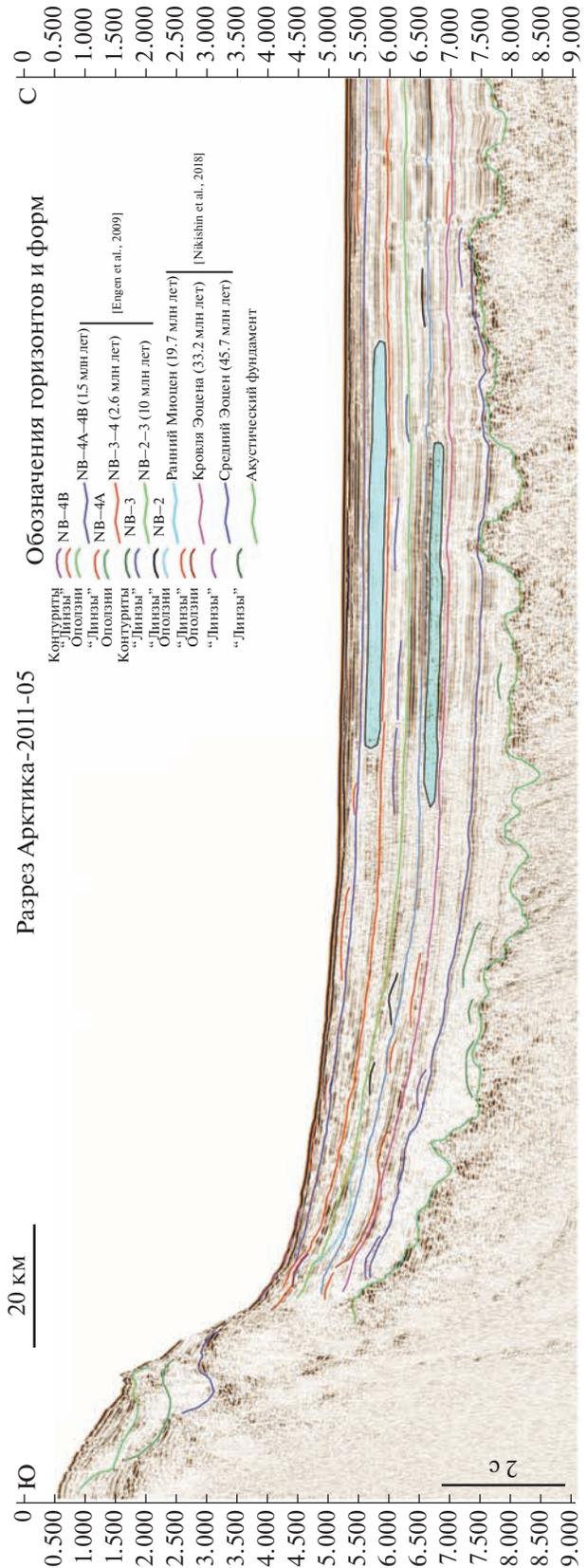
флекторов с потерей латеральной когерентности. В случае интенсивного выноса грубообломочных осадков на значительные расстояния, отложения удаленных частей конуса выноса отличаются еще и общим осветлением записи при потере ее когерентности. Подобное тело протяженностью ~150 км ранее было обнаружено в западной части котловины Нансена [Engen et al., 2009] и проинтерпретировано как образованное отложениями обломочных потоков.

Указанные аномалии осадконакопления выделены на использованных в данной работе разрезах (см. рис. 5, 6, 7, 8). Эти разрезы в оригинальном виде, без сейсмогеологической интерпретации, приведены в электронном приложении к данной статье (см. Приложение 1). Общей особенностью выделенных комплексов на всех разрезах, кроме Арктика-2011-5 (см. рис. 7), является резкое увеличение общей мощности осадочного разреза на удалении в 20–60 км от шельфа и постепенное ее уменьшение в северном направлении. Примыкающая к градиентной зоне континентального склона часть котловины включает наибольшее количество линзовидных осадочных тел, что является следствием интенсивного поступления в эту область осадочного материала, необходимого для формирования контуритов, турбидитов и оползневых тел, обеспечивающего наблюдаемое увеличение мощности. Удаленные от склона части котловины заполнялись пелагическими осадками и отложениями турбидитных потоков дальних частей конусов выноса [Rebesco et al., 2014]. Увеличение мощности отложений обломочных потоков в глубоководных котловинах совпадает с периодами падения уровня моря (см. рис. 3), приводящими к возрастанию интенсивности эрозионных процессов на шельфе.

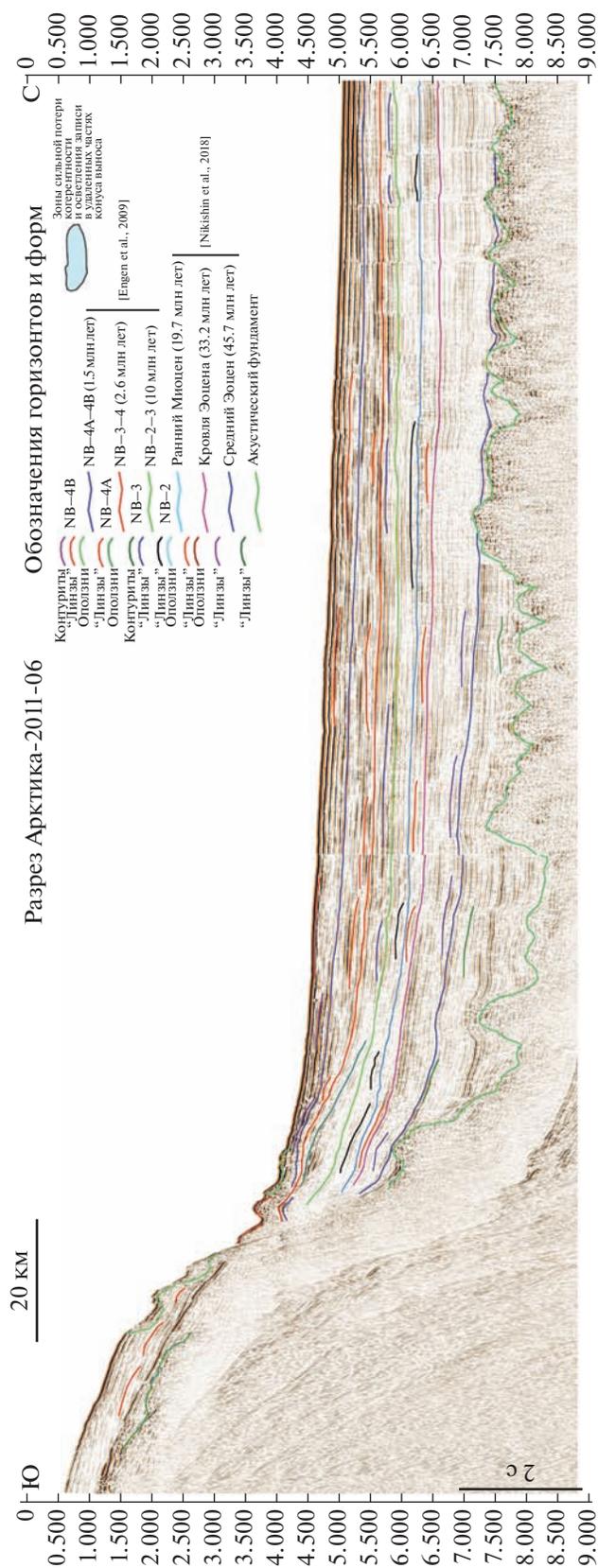
*Результаты пространственного распределения осадочных форм*

Пространственное положение выделенных на разрезах Арктика-2011-3, 4, 5, 6 (см. рис. 5–8) осадочных форм (лопастей конусов выноса, контуритов, оползней) показано (рис. 9) для каждого осадочного комплекса, накопившегося в интервале времени между образованием основных региональных рефлекторов (см. рис. 3). Технические результаты пикирования ОГ были преобразованы в ГИС-совместимый формат, который позволил осуществить компиляцию интерпретации разрезов в виде карт распределения выделенных осадочных форм на фоне современного рельефа.

Осадочные линзовидные формы в четвертичных сейсмокомплексах NB-4А и NB-4В (см. рис. 9а, б) находятся в пределах современного рельефа, образованного вблизи континентального подножия глубоководными конусами выноса, которые сформированы терригенным материа-



**Рис. 7.** Интерпретация отражающих горизонтов и осадочных форм по разрезу Арктика-2011-05. Положение разреза показано на рис. 1.

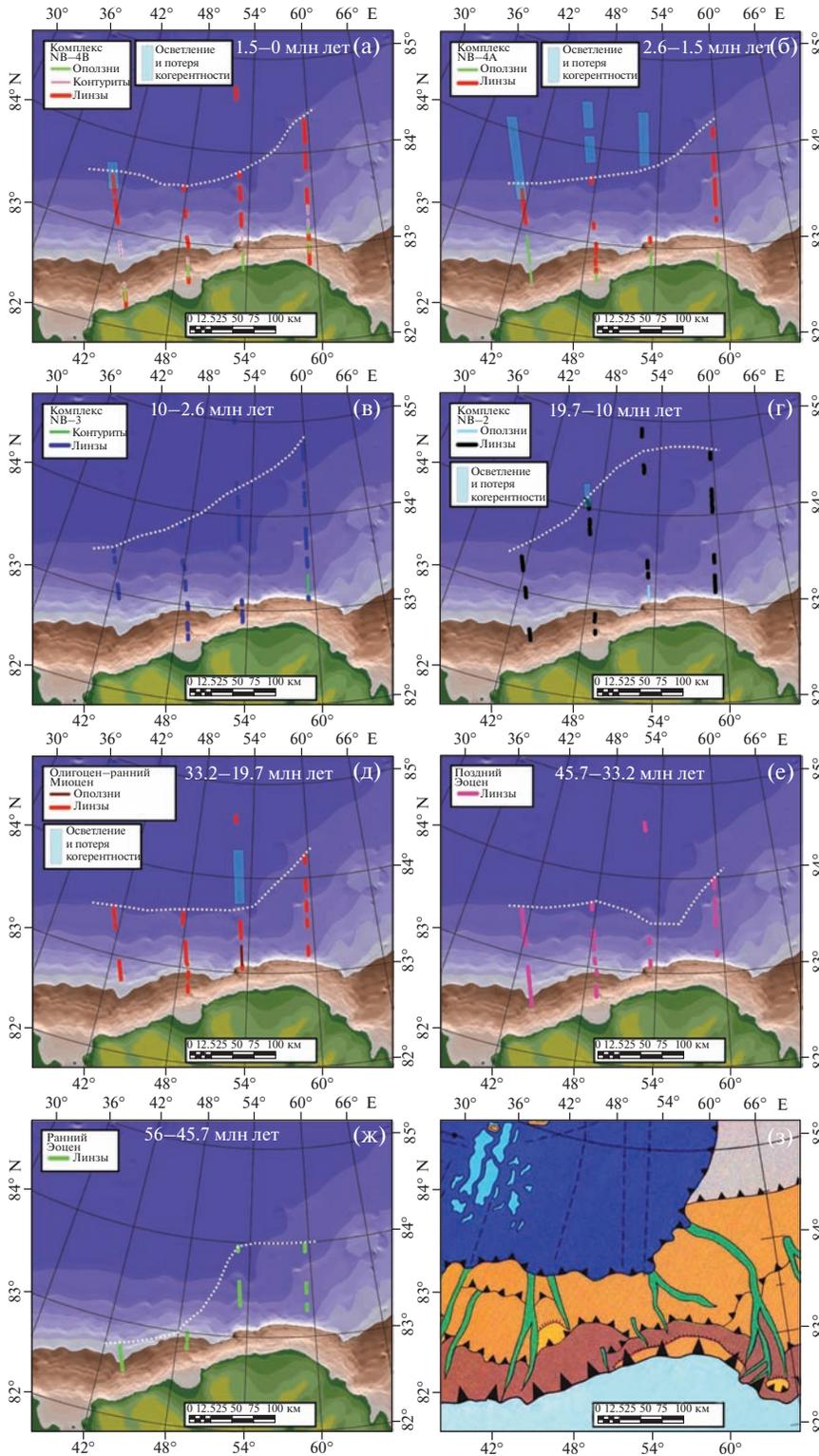


**Рис. 8.** Интерпретация отражающих горизонтов и осадочных форм по разрезу Арктика-2011-06. Положение разреза показано на рис. 1.

лом желобов Франц-Виктория и Св. Анны. Заложение этих желобов происходило на рубеже перми и триаса [Качурина и др., 1999; Шипилов, Верниковский, 2010], и при раскрытии Евразийского бассейна они уже существовали в качестве каналов вывода осадочного материала в молодую океаническую впадину. Характерным является уменьшение расстояния от бровки шельфа до зоны выполаживания рельефа средней части конуса выноса в центральных разрезах Арктика-2011-4 и 5 между желобами Франц-Виктория и Св. Анны. Осадочная форма в удаленной от шельфа части котловины может быть следствием выноса материала турбидитных потоков по длинному каньону из желоба Св. Анны, поворачивающего к западу (см. рис. 9з). Сегменты всех разрезов, примыкающих к шельфу, содержат оползневые тела в четвертичных отложениях. Прослеживание оползней, развивающихся у бровки шельфа, в более глубоких горизонтах затруднено из-за кратных волн. В четвертичных комплексах около континентального подножия наблюдаются контуриты, которые сформированы течениями, движущимися в котловине в восточном направлении [Rebesco et al., 2013]. В ряде случаев сложно отличить их от лопастей конусов выноса, однако аномальные осадочные формы в области перехода от склона к подножию присутствуют на всех разрезах. В удаленных частях конусов выноса, где рельеф выполаживается, в основной части котловины наблюдаются протяженные (от 20 до 90 км) зоны потери когерентности и акустического осветления в пределах горизонтально-слоистых пелагических отложений. Особенно отчетливо эти зоны проявлены в сейсмокомплексе NB-4A.

В миоцен-плиоценовых сейсмокомплексах NB-2 и NB-3 (см. рис. 9в, г) осадочные формы на центральных разрезах выделяются чаще и находятся в котловине на более значительном удалении от континентального склона, что может указывать на более высокую интенсивность турбидитных потоков в этот интервал времени, сформировавших отложения, отличные от нормальных пелагических. В области перехода от склона к подножию прослеживаются также формы, которые, возможно, являются контуритами. Наиболее вероятным контуритовым телом является осадочная форма, выявленная в комплексе NB-2 (см. рис. 9г). В разрезе Арктика-2011-5 в пределах сейсмокомплекса NB-3 прослеживается оползневая структура (см. рис. 9в), а выше по склону выражен уступ, представляющий собой стенку срыва (верхнюю часть зеркала скольжения), вдоль которой могло происходить движение оползневого тела. Проявления в удаленных частях конусов выноса зон потери когерентности в этих комплексах незначительны.

В олигоцен-миоценовых и верхнеэоценовых комплексах (см. рис. 9д, е) осадочные формы



**Рис. 9.** Пространственное положение аномальных осадочных форм – линз лопастей конусов выноса и контуритов, оползней, зон потери когерентности (цветовая маркировка соответствует легенде разрезов, см. рис. 3–8) во время формирования сейсмокомплексов.

а – NB-4B, б – NB-4A, в – NB-3, г – NB-2, д – олигоцен–ранний миоцен, е – поздний эоцен, ж – ранний эоцен, з – орография Арктического бассейна, по [Орографическая ..., 1995], с изменениями: коричневый – склоны более 4°, оранжевый – склоны менее 4°, зеленый – подводные каньоны, линии с мелкими треугольниками – положение вогнутого перегиба профиля дна, линии с крупными треугольниками – бровка шельфа. Примерная граница между средней и удаленной частями конусов выноса показана белой пунктирной линией.

приурочены к зоне выполаживания конусов выноса в современном рельефе. Континентальное подножие содержит осадочные тела увеличенной мощности, которые формируются при сходе турбидитных потоков с континентального склона и образуют лопасти верхних и средних частей конусов выноса. Разрез Арктика-2011-5 содержит оползневое тело, так же, как и более молодые комплексы этого разреза. Прерывистый характер распределения выделенных осадочных форм вдоль разреза свидетельствует о нестабильном положении ложа потоков и тенденции к частой смене их направления. В олигоцен-миоценовом комплексе отмечена зона потери когерентности длиной около 60 км.

В раннеэоценовых сеймоскомплексах осадочные формы, связанные с отложениями турбидитов, редки, а общая мощность эоценовых отложений такая же, как мощность всей вышележащей толщи, что было определено по разрезам проекта Арктика-2011 после их пересчета из временной области в глубинную [Арктический ..., 2017]. Тем не менее, следует отметить высокую вероятность обнаружения лопастей конусов выноса в данной части разреза, а отсутствие их признаков в сейсмической записи может быть связано с низким разрешением и малой амплитудой отражений в нижней части кайнозойского разреза.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты позволяют предложить следующую интерпретацию обстановок формирования осадочных тел в южной части котловины Нансена. В эоцене (см. рис. 9е, ж) происходило интенсивное осадконакопление, в результате которого сформировалась толща мощностью около 3 км [Арктический ..., 2017], хорошо акустически стратифицированная, с редкими линзовидными телами конусов выноса. К концу эоцена распределение этих осадочных форм приобрело очертания, определяемые геометрией шельфовых желобов Франц-Виктория и Св. Анны, по которым шел вынос осадочного материала. В сформированных в это время конусах выноса, вплоть до современной эпохи, сохраняются контуры зон перехода от средних частей к удаленным. Обнаруженные тела, по-видимому, являются именно лопастями конусов, а не контуритами, поскольку, согласно [Rebesco et al., 2014], система течений в эоцене, обеспечивающая необходимые гидрофизические условия существования контурных потоков в Арктике, не наблюдалась. Кроме того, существование контурных течений может иметь связь с механизмом циркуляции вод в приполярных широтах.

В олигоцене—раннем миоцене распределение аномальных осадочных форм не изменилось (см. рис. 9д), границы их распространения не выходят

за современные контуры конусов выноса. Появляются оползневые тела. Это указывает на сохранение интенсивности привноса осадочного материала турбидитными потоками. В пределах данного временного интервала, на рубеже ~30 млн лет (см. рис. 3), согласно кривым [Naq et al., 1987; Benbow et al., 1995], произошло сильное падение уровня моря, которое должно было вызвать резкое увеличение привноса в котловину осадочного материала гравитационных потоков, что отразилось бы в сейсмической записи появлением большего количества линзовидных осадочных форм, связанных с этими процессами. Этого привноса не наблюдается, и причиной, по-видимому, является изоляция Арктического океана [Hegewald, Jokat, 2013], из-за которой падение уровня моря Арктику не затронуло. Наблюдаемая вдоль профиля Арктика-2011-5 зона потери когерентности, скорее всего, указывает локальное субширотное наращивание конуса выноса в западном направлении от желоба Св. Анны, так же, как и другое, отстоящее от него линзовидное тело на том же профиле. Существование подводных каньонов, поворачивавших в котловине на запад, следует из данных, представленных на орографической карте бассейна (см. рис. 9з). Особо отметим, что на других профилях проекта, расположенных к западу, в этот временной интервал зон потери когерентности не наблюдается.

В миоцен-плиоценовый интервал времени при формировании комплексов NB-2 и NB-3 (см. рис. 3) происходило расширение зоны встречаемости линзовидных тел (на расстояние не менее 100 км) за линию современной границы конусов выноса (см. рис. 9г, в). Это согласуется с установленными для этого временного интервала эпизодами падения уровня моря [Naq et al., 1987; Benbow et al., 1995], которые произошли после образования пролива Фрама и возникновения в Арктическом океане общей циркуляции донных течений [Rebesco et al., 2013]. В этот период времени появились отложения контуритов около континентального подножия, что является дополнительным признаком объединения океанических зон в единую гидрофизическую систему. Поскольку отложения турбидитов и лопасти конусов выноса также находятся в этой зоне, отделить одни формы от других часто не представляется возможным. Какая-то часть осадочного материала гравитационных потоков могла захватываться контурными течениями и переотлагаться в другой обстановке. В общий поток осадочного материала в период накопления комплекса NB-3 (10–2.6 млн лет) и продвижение в котловину зоны конусов выноса, очевидно, внесли свой вклад и плиоценовые вариации интенсивности накопления марино-гляциальных отложений, связанные с изменениями климата из-за конти-

нентального оледенения Северного полушария [Левитан и др., 2015].

Осадочные комплексы четвертичного времени NB-4A и NB-4B (см. рис. 9а, б) содержат многочисленные формы отложений гравитационных потоков в пределах современных очертаний конусов выноса, а также обширные зоны потери когерентности и акустического осветления преимущественно в пределах комплекса NB-4A в удаленных частях конусов выноса в котловине. Таким образом, дальнейшее падение уровня моря (см. рис. 3) происходило со значительным увеличением выноса осадочного материала по сравнению с периодами осадконакопления комплексов NB-2 и NB-3. Это сформировало обширные зоны потери когерентности (см. рис. 4–6), сходные с образованиями в западной части котловины Нансена [Engen et al., 2009]. В поверхностных отложениях, по проградации рефлекторов вверх по склону, устанавливаются контуристы, которые отлагались около континентального подножия вместе с лопастями конусов выноса. Евразийский бассейн и, в частности, котловина Нансена характеризовались стабильной динамикой вод, способствовавшей разгрузке привносимого терригенного материала и образованию осадочных тел. Отмечается повсеместное развитие оползневых тел за бровкой шельфа, но в более ранних комплексах оно не установлено из-за проблем с выделением оползней в области вступления кратных волн.

Встречаемость и пространственное распределение отложений контуристов и гравитационных потоков в котловине связаны с эпизодами колебаний уровня моря и теоретически должны находиться в противофазе с возрастанием интенсивности эрозионных процессов на шельфе Баренцева моря. Отсутствие признаков широкого распространения этих аномальных осадочных форм 30 млн лет назад — в период изоляции Арктического океана, подчеркивает эту связь. Тем не менее, дополнительные факторы, влияющие на поступление материала, связаны с историей возникновения поднятий внутри шельфа. В олигоцене на северном обрамлении шельфа Баренцева моря и в его центральной части обособились поднятия [Атлас ..., 1992], что усилило эрозионные процессы, но, согласно палеогеографической реконструкции, снос в котловину шел в основном через желоб Св. Анны. С этим временем связана область потери когерентности (см. рис. 9д), расположенная ближе к восточному конусу выноса. В миоцене (сейсмокомплекс NB-2), согласно [Атлас ..., 1992], снос с северных поднятий происходил в основном во внутреннюю часть шельфа, но приток обломочного материала в котловину через желоб Св. Анны сохранился. В плиоцене, согласно [Атлас ..., 1992], поднятие северного обрамления шельфа полностью изолировало его

внутреннюю часть от котловины, но по желобам Франц-Виктория и Св. Анны, прорезающим северную часть поднятия, достигавшего 400 км в меридиональном измерении, поступало достаточно материала для формирования сейсмокомплекса NB-3, характеризовавшегося наиболее значительным продвижением в котловину средних частей конусов выноса (см. рис. 9в). В четвертичное время [Атлас ..., 1992] сейсмокомплексы NB-4A и NB-4B формировались при участии дополнительных импульсов поступления терригенного материала за счет расширения сети каналов на северных поднятиях, что привело к формированию осадочных тел с потерей когерентности в сейсмической записи на больших удалениях от континентального склона (см. рис. 9а, б). Разделение вклада в формирование потока терригенного материала колебаний уровня моря, оледенений и вертикальных тектонических движений на шельфе не являлось задачей настоящей работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сейсмостратиграфическое расчленение осадочного чехла котловины Нансена составлено по данным из Норвежского сектора Евразийского бассейна (преимущественно для неогена) и результатам интерпретации данных Российского проекта Арктика-2011 для сводного разреза. Полученная возрастная градация сейсмических комплексов представляется достоверной, поскольку на западе была сопоставлена с данными из Норвежской части котловины (в т.ч. с данными скважины проекта глубоководного бурения IODP), а на востоке — со скважинами шельфа Аляски.

2. Колебания уровня моря оказывали существенное влияние на процессы седиментации в Арктическом бассейне. В периоды регрессий на шельфе и склоне происходили процессы разрушения. В глубоководной части формировались мощные конуса выноса, контуристы и оползневые тела, что отчетливо проявлено в молодых сейсмокомплексах неоген-четвертичного возраста и более древних в котловине Нансена. Равномерная субгоризонтальная акустическая стратификация осадочного чехла вблизи континентального склона нарушена утолщением за счет присутствия многочисленных линзовидных тел различной природы, являющихся лопастями конусов выноса или контуристами. Удаленные части конусов выноса образуют в котловине протяженные осадочные тела с потерей когерентности и осветлением сейсмической записи.

3. Осадочные формы лопастей конусов выноса и контуристов четвертичных комплексов находятся в пределах современных очертаний конусов выноса, проявленных в рельефе, и в целом не выходят за границу выполаживания рельефа при переходе в котловину с плоским дном. Вдоль конти-

нентального подножия на всех разрезах проявлены контуристы. Оползневые тела встречаются во всех разрезах вблизи бровки шельфа. Миоцен-плиоценовые комплексы содержат осадочные формы, удаленные более чем на 100 км относительно современной границы конусов выноса. Более древние осадочные формы находятся в пределах современных очертаний конусов выноса, материал для формирования которых поступал по желобам Франца-Виктории и Св. Анны, уже существовавшим к началу раскрытия Евразийского бассейна.

4. По мере развития океанического Евразийского бассейна происходило осадочное заполнение котловины Нансена, которое регулировалось как интенсивностью привноса терригенного материала, так и изменениями гидрологического режима бассейна при смене его изоляции на соединение с Мировым океаном. Начиная с миоцена, происходило накопление контуристов около континентального подножия вместе с отложениями лопастей конусов выноса. Часто разделить эти осадочные формы не удается. В это время также возросло расстояние от континентального склона, на котором встречаются локальные увеличения мощности, связанные с влиянием гравитационных потоков. Наиболее резкое падение уровня моря произошло на рубеже плиоцена и четвертичного времени, это способствовало усилению привноса осадочного материала в котловину и привело к формированию обширных зон потери когерентности в удаленных частях конусов выноса.

5. Встречаемость и пространственное распределение контуристов и отложений гравитационных потоков в пределах котловины связаны с изменениями уровня моря и находятся в противофазе с интенсивным проявлением эрозионных процессов на шельфе Баренцева моря, зависящим от вертикальных движений в обрамлении акватории — у архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Российскому Федеральному Геологическому Фонду (<https://rfgf.ru>) за доступ к сейсмическим данным по Северному Ледовитому океану, которые были необходимы для проведения исследований.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Проекта РФФИ № 18-05-70040 “Ресурсы Арктики”, анализ распространения оползневых тел выполнен в рамках темы госзадания ГИН РАН № 0135-2019-0076 “Геологические опасности в Мировом океане и их связь с рельефом, геодинамическими и тектоническими процес-

сами”, анализ обстановок формирования осадочных тел выполнен в рамках темы госзадания ГИН РАН № 0135-2019-0073.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арктический бассейн (геология и морфология) / Под ред. В.Д. Каминского, А.Л. Пискарева, В.А. Поселова. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2017. 291 с.
- Атлас палеогеографических карт. Шельфы Евразии в мезозое и кайнозое. Т. 2. Карты. Масштаб: 1 : 7500000 и 1 : 5000000. 1992 г. / Гл. ред.: М.Н. Алексеев. Консультанты: Ю.М. Пушаровский, И.С. Грамберг // Геологический институт АН СССР. Лландидно. Гвинедд, Великобритания: Робертсон Груп плк, 1992. 104 с.
- Качурина Н.В., Шкатов Е.П., Андреева И.А. О морфоструктурной позиции желобов Святой Анны и Франца-Виктория в свете новых данных // Разведка и охрана недр. 1999. № 7–8. С. 32–34.
- Левитан М.А., Антонова Т.А., Гельви Т.Н. Фациальная структура, количественные параметры и условия накопления мезозойско-кайнозойских отложений в Циркумарктическом поясе. Сообщение 3. Миоцен-плиоцен // Геохимия. 2015. № 11. С. 963–977.
- Орографическая карта Арктического бассейна / Ред. Г.Д. Нарышкин. СПб.: ВСЕГЕИ, 1995.
- Рединг Х. Обстановки осадконакопления. Т. 1. М.: Мир, 1990. 352 с.
- Шутилов Э.В., Верниковский В.А. Строение области сочленения Свальбардской и Карской плит и геодинамические обстановки ее формирования // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 75–92.
- Baturin D., Fedukhina T., Savostin L., Yunov A. A geophysical survey of the Spitsbergen margin and surrounding areas // Mar. Geophys. Res. 1994. V. 16. P. 463–484.
- Benbow M.C., Alley N.F., Callen R.A., Greenwood D.R. Geological History and Palaeoclimate // The geology of South Australia. V. 2. The Phanerozoic / Eds J.H. Drexel, W.V. Preiss. Adelaide: Geological Survey of South Australia, 1995. P. 208–217.
- Collinson M.E., Barke J., Burgh J. et al. The Eocene Arctic Azolla phenomenon: species composition, temporal range and geographic extent // Rev. Palaeobot. Palynol. 2010. V. 159. P. 152–165.
- Engen Ø., Gjengedal J. A., Faleide J. I., Kristoffersen Y., Eldholm O. Seismic stratigraphy and sediment thickness of the Nansen Basin, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2009. V. 176. P. 805–821.
- Faugeres J.C., Stow D.A.V., Imbert P., Viana A. Seismic features diagnostic of contourite drifts // Mar. Geol. 1999. V. 162. P. 1–38.
- Geissler W.H., Jokat W. A geophysical study of the northern Svalbard continental margin // Geophys. J. Int. 2004. V. 158. P. 50–66.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic // Science. 1987. V. 235. P. 1156–1167.
- Hegewald A., Jokat W. Relative sea level variations in the Chukchi region — Arctic Ocean — since the late Eocene // Geophys. Res. Lett. 2013. V. 40. P. 803–807.

- Jackson H.R., Johnson G.L., Sundvor E., Myhre A.M.* The Yermak Plateau – formed at a triple junction // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. P. 3223–3232.
- Jokat W., Micksch U.* Sedimentary structure of the Nansen and Amundsen basins, Arctic Ocean // *Geophys. Res. Lett.* 2004. V. 31. L02603.
- Jokat W., Ritzmann O., Schmidt-Aursch M.C. et al.* Geophysical evidence for reduced melt production on the Arctic ultraslow Gakkel mid-ocean ridge // *Nature*. 2003. V. 423. P. 962–965.
- Jokat W., Weigelt E., Kristoffersen Y. et al.* New geophysical results from the south-western Eurasian Basin (Morris Jesup Rise, Gakkel Ridge, Yermak Plateau) and the Fram Strait // *Geophys. J. Int.* 1995. V. 123. P. 601–610.
- Lutz R., Franke D., Berglar K., Heyde I., Schreckenberger B., Klitzke P., Geissler W.H.* Evidence for mantle exhumation since the early evolution of the slowspreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean // *J. of Geodynamics*. 2018. V. 118. P. 154–165.
- Nikishin A.M., Gaina C., Petrov E.I. et al.* Eurasia Basin and Gakkel Ridge, Arctic Ocean: Crustal asymmetry, ultra-slow spreading and continental rifting revealed by new seismic data // *Tectonophysics*. 2018. V. 746. P. 64–82.
- Rebesco M., Stow D.* Seismic expression of contourites and related deposits: A preface // *Marine Geophysical Researches*. 2001. V. 22. P. 303–308.
- Rebesco M., Wahlin A., Laberg J.S. et al.* Quaternary contourite drifts of the Western Spitsbergen margin // *Deep Sea Res., Part I*. 2013. V. 79. P. 156–168.
- Rebesco M., Hernández-Molina F.J., Van Rooij D., Wåhlin A.* Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations // *Mar. Geol.* 2014. V. 352. P. 111–154.
- Riis F.* North of Nordaustlandet, in Seismic Atlas of Western Svalbard: A Selection of Seismic Transects // *Meddelelser*. 1994. V. 130. P. 30–31.
- Sorokin M.Y., Zamansky Y.Y., Languinen A.Y. et al.* North Pole – 28 ice drift seismic line // *Proceedings of the 3rd International Conference on Arctic Margins (ICAM III)*. Celle, Germany, 1998.
- Weigelt E., Jokat W.* Peculiarities of roughness and thickness of oceanic crust in the Eurasian Basin, Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2001. V. 145. P. 505–516.

## Paleogene-Quaternary Polyfacial Sedimentary System of the Nansen Basin Southern Part

S. Yu. Sokolov<sup>1,\*</sup>, E. A. Moroz<sup>1</sup>, N. P. Chamov<sup>1</sup>, I. S. Patina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Geological Institute RAS, Pyzhevsky lane, 7, bld. 1, Moscow, 119017 Russia*

\**e-mail: sysokolov@yandex.ru*

A summary seismostratigraphic description of the Nansen Basin sedimentary cover was compiled after the data from the Norwegian sector of the Eurasian Basin and the results of the data interpretation from the Russian Arctic-2011 project. It was found that sea level fluctuations had a significant impact on the sedimentation processes in the Arctic basin. The processes of erosion on the shelf and slope were developed during the phases of regressions. In the deep-water part fan systems, contourites and slump bodies were formed and they are manifested in Neogene-Quaternary seismic sequences and older ones in the Nansen basin. They are located within the modern outline of the outer fan limits in the modern bottom relief in both young and older seismic sequences, the material of which was transported through the Franz Victoria and St. Anna troughs, which already existed at the beginning of the Eurasian basin opening. The distant parts of the fans form extended sedimentary bodies in the basin with loss of coherence and acoustic blanking of the seismic record. On all sections near a continental foothills exists manifestations of contourites, and slump bodies on the slope near the shelf edge. Miocene-Pliocene sequences contain sediments of gravity flows mass transport at distances greater than 100 km relative to the modern boundary of fans. The sedimentary filling of the Nansen basin was regulated both by the intensity of the clastic material income, and by changes in the hydrological regime of the basin associated with the periods of its isolation from the World Ocean and transition to a single water circulation system with it. The accumulation of contourite sediments began in the Miocene. They are developed near the continental foothills together with the lobes of the fans, and it is not possible to separate these sedimentary forms by type. The sharpest drop in sea level at the Pliocene-Quaternary boundary resulted in the intensive advancing of clastic material and the formation of extensive zones of coherence loss in the distant parts of the fans in the basin. The occurrence and spatial distribution of deposits of contour currents and gravity flows in the basin is associated with episodes of sea level fluctuations and is in antiphase with erosion processes on the shelf of the Barents Sea, which also depend on the factor of vertical movements in the border of the shelf in area of Svalbard and Franz-Joseph Land archipelagos. Seismic sections without superimposed interpretation are given in the electronic supplement to this paper.

**Keywords:** Nansen basin, contourites, deep sea fan, slumps, sea level change.