

**ПСЕВДОГЛЯЦИАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ПОДВОДНЫХ ГОР
ПОДНЯТИЯ МЕНДЕЛЕЕВА (СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН)
И КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ**

канд. геол.-минерал. наук Е.А.ГУСЕВ¹, канд. геол.-минерал. наук П.В.РЕКАНТ¹,
д-р геогр. наук Д.Ю.БОЛЬШИЯНОВ^{2, 3}, нач. отдела Р.В.ЛУКАШЕНКО⁴,
научн. сотр. А.О.ПОПКО⁵

¹ – Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов мирового океана им. академика И.С.Граммберга, Санкт-Петербург, e-mail: gus-evgeny@yandex.ru

² – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

³ – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: bolshyanov@aari.ru

⁴ – Министерство обороны, г. Москва

⁵ – ЗАО «Морские навигационные системы», Санкт-Петербург

Наблюдения, выполненные на континентальной окраине Восточно-Сибирского моря и на поднятии Менделеева, свидетельствуют о развитии в регионе псевдогляциальных структур, внешне напоминающих ледниковые. Циркообразные понижения на краях плосковершинных поверхностей подводных гор поднятия Менделеева связаны с процессами оползания нелитифицированных обводненных осадков. Линеаменты на поверхности морского дна могли образоваться под воздействием придонных течений.

Ключевые слова: линеаменты, рельеф морского дна, оползневые процессы, ледниковые щиты, поднятие Менделеева.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия по шельфовой и глубоководной частям Арктического бассейна появились новые качественные материалы сейсмоакустического и сонарного профилирования бокового обзора, многолучевого эхолотирования, которые освещают строение форм рельефа и слагающих эти формы осадков и горных пород. Кроме того, по основным геоморфологическим структурам Северного Ледовитого океана и шельфовых морей получены колонки донных осадков, детально изученные с помощью новых методов исследования вещественного состава, физических свойств, возраста осадков. В результате этих исследований выявлены интересные особенности строения рельефа шельфа и отдельных возвышенностей и гор океана – в частности, открыты системы линеаментов, покрывающих вершинные поверхности, склоны гор, днища и склоны окраинно-шельфовых желобов. Принято считать, что окраинно-шельфовые желоба континентальной окраины Евразии, а также более мелкие, осложняющие линейные формы рельефа – штрихи, борозды и гряды – обязаны своим происхождением воздействию плейстоценовых ледниковых щитов и их выводных ледников [Kristoffersen et al., 2004; Jakobsson et al., 2005; 2008; 2010; Polyak et al., 2001; 2007;

Polyak, Jakobsson, 2011; Andreassen et al., 2008; Niessen et al., 2013; Bjarnadottir et al., 2013]. Для линейно-параллельных структур предложена и активно используется специальная аббревиатура MSGL (*megascale glacial lineations* – крупномасштабные ледниковые линеаменты), SGL (*streamlined glacial lineations* – линеаменты ледниковых потоков) либо FL (*fluting* – гофрирование). Кроме того, идентифицированы структуры, напоминающие друмлины, стадиальные и конечные морены и другие ледниковые формы. Вместе с тем для континентальных окраин Арктики и Норвежско-Гренландского бассейна известны проявления процессов массопереноса и образования крупных оползней, формирующих также крупные формы рельефа, в том числе и линейные [Vogt et al., 1999; Laberg et al., 2000; Bryn et al., 2005].

Нами в экспедициях «Арктика-2007» и «Арктика-2012» получены свидетельства неледникового происхождения некоторых форм рельефа, внешне напоминающих гляциальные. Положение линеаментов, принимаемых за ледниковые, и два полигона исследований, проведенных нами, показаны на рис. 1.

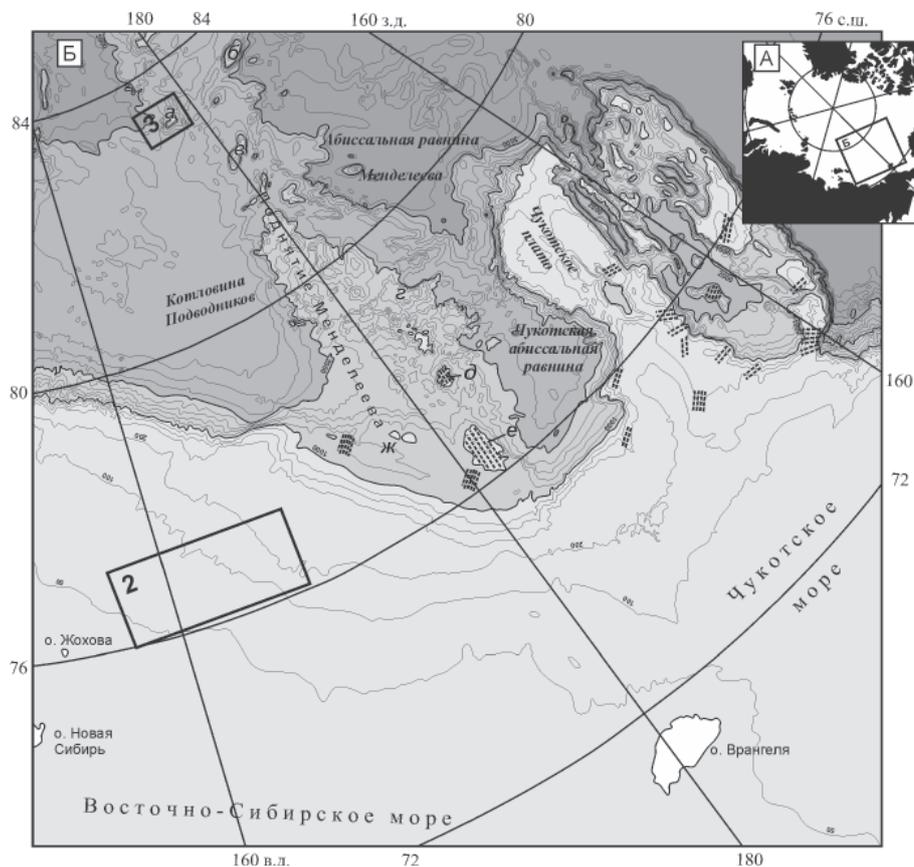


Рис. 1. Обзорная схема Арктического бассейна (А) и батиметрическая карта (Б) [Рельеф дна..., 1998] континентальной окраины Восточно-Сибирского и Чукотского морей и поднятия Менделеева.

Прямоугольниками обозначены фрагменты карты, приведенные на рис. 2 и 3. Пунктирными линиями показана ориентировка линеаментов по данным [Niessen et al., 2013; Dove et al., 2013]. Буквами обозначены: а – гора Трушкина, б – гора Рогоцкого, в – гора Шамшура, г – плато Т-3, д – плато Сорго, е – плато Арлис, ж – терраса Кучерова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2007 г. на борту научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» (26-й рейс) состоялась комплексная научная экспедиция «Арктика-2007» [Ашик, Соколов, 2008]. Во внешней части шельфа Восточно-Сибирского моря с помощью профилографа был зафиксирован пилообразный профиль морского дна, с акустически прозрачной толщей, выступающей на поверхности дна. Здесь была отобрана колонка переуплотненных морских глин среднеплейстоценового возраста [Гусев и др., 2012].

В рамках экспедиции «Арктика-2012» проведено обследование склонов подводных гор поднятия Менделеева с борта дизельных ледоколов «Капитан Драницын» и «Диксон», а также исследовательских подводных лодок Северного флота. В задачи экспедиции входило получение новых геолого-геофизических данных о строении этой части Арктического бассейна. Для изучения были выбраны склоны трех гор на севере поднятия Менделеева: Шамшура (1363 м), Трукшина (1261 м) и Рогоцкого (1464 м), а также склоны гор, окружающих плато Почтарева в южной части поднятия Менделеева. Названия гор и плато даны российскими гидрографами и на международном уровне пока не утверждены.

На первом этапе экспедиции для уточнения батиметрических данных прошлых экспедиций [Алексеев и др., 2010] выполнялась съемка с помощью многолучевого эхолота, а также производилось сейсмоакустическое профилирование, кроме того, использовались антенны бокового и кругового обзора. После определения оптимальной для донного пробоотбора площадки склоны подводных гор опробовались с борта ледокола «Капитан Драницын» драгой, телегрейфером, грунтовой трубкой. В местах визуальной и видеофиксации выходов на поверхность морского дна обнажений коренных пород проводилось приповерхностное бурение с помощью погружной буровой установки, разработанной в акционерном обществе Севморгео [Рождественский и др., 2011; Шкатов, Иванов, 2013]. В результате буровых работ удалось получить керны коренных пород, представленных изверженными породами основного состава [Морозов и др., 2013; Кременецкий, 2013; Кременецкий, Громалова, 2013]. Материалы опробования донных осадков, поднятых с помощью гидростатической грунтовой трубки длиной 10 м, свидетельствуют о развитии на вершинах, склонах и подножиях гор поднятия Менделеева нефелоидных осадков котловин, склоновых накоплений, а также отложений турбидитных потоков.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Континентальная окраина Восточно-Сибирского моря. Во внешней части Восточно-Сибирского моря обнаружены области развития контрастных эрозионных форм, осложняющих строение морского дна. Выявлено, что в интервале глубин 70–190 м на значительном протяжении дно имеет пилообразный облик. Врезы чередуются с преимущественно узкими гребневидными грядами, сглаженные гряды единичны. Понижения дна чаще имеют ярко выраженное *V*-образное поперечное сечение. Отложения, по которым выработан столь контрастный профиль, представлены акустически прозрачной толщей, обычно ассоциирующейся по своим геофизическим свойствам с моренным диамиктоном.

На геологической станции AF-0729 (76° 36' 13,8" с.ш., 161° 42' 4,3" в.д., глубина моря – 192 м) была отобрана колонка керна длиной 1,91 м (рис. 2). Верхние 47 см керна представляют собой голоценовый алевропелит с примесью песка желтовато-коричневого цвета, мягкопластичной консистенции. Нижний интервал 47–191 см

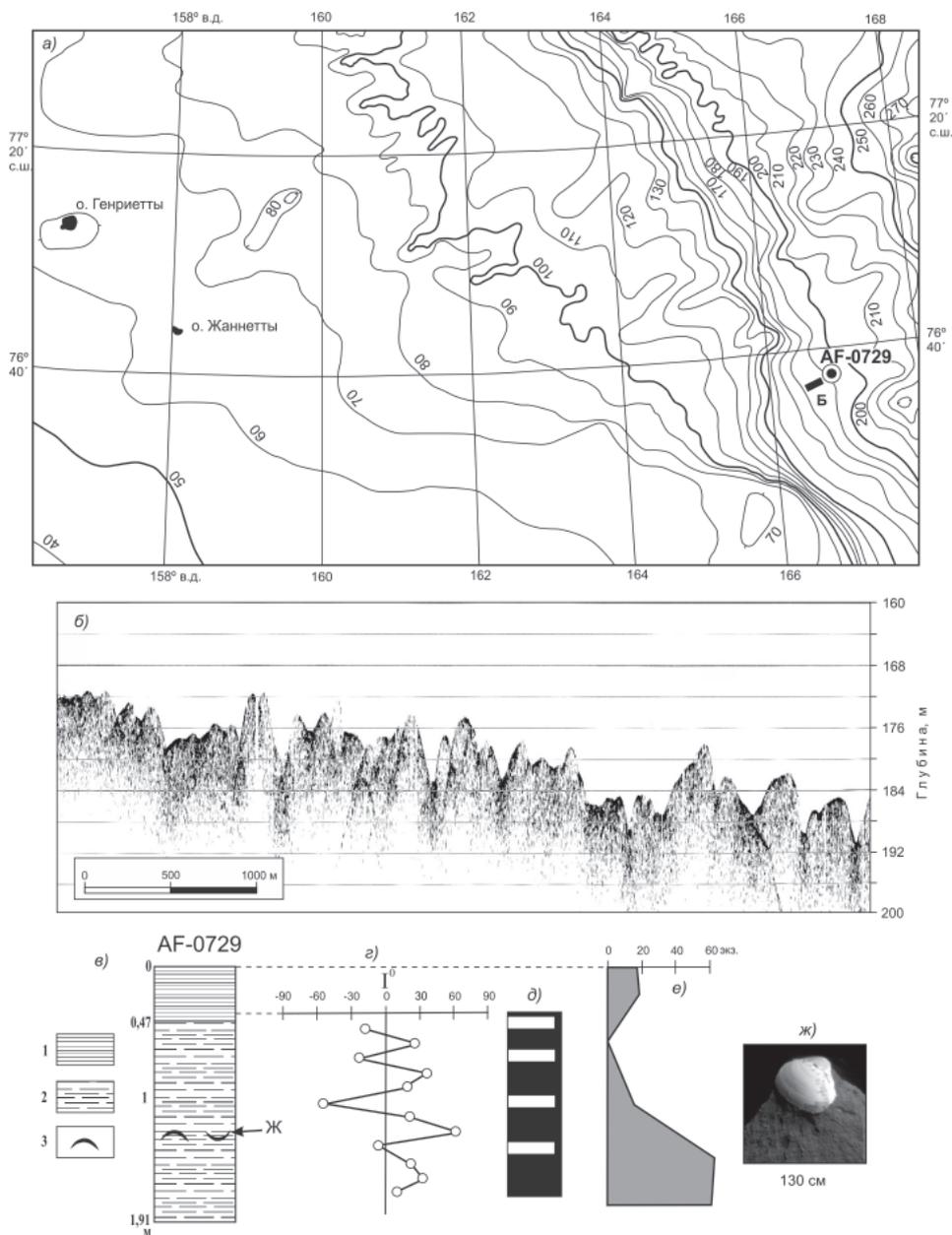


Рис. 2. Область выхода на поверхность морского дна Восточно-Сибирского моря плотных среднеплейстоценовых глин: *а* – фрагмент батиметрической карты Восточно-Сибирского моря [Гусев и др., 2012] (сечение рельефа – 10 м; вокруг островов изобаты не проведены из-за отсутствия кондиционных данных); *б* – фрагмент эхолотного профиля длиной около 4 км; *в* – литологическая колонка станции AF-0729: 1 – алевропелит, 2 – глинистый алеурит, 3 – раковины моллюсков; *г* – наклонение вектора намагниченности осадков I° ; *д* – полярность намагниченности осадков; *е* – содержание бентосных фораминифер (экз./50 гр); *ж* – фото моллюска с глуб. 1,3 м.

представлен тугопластичным до твердого (с трудом режется ножом), полусухим серым пелитом с очень редким гравием. Осадок очень хорошо сортирован, с преобладанием пелитовых крупнозернистой и мелкозернистой фракций. На глубине 130 см встречается раковина двустворки *Portlandia arctica* (Gray). Был произведен палеомагнитный, спорово-пыльцевой, микрофаунистический, радиоуглеродный и радиохимический анализ образцов из колонки. Радиоуглеродный (AMS ^{14}C) анализ был проведен по раковине морского моллюска *Portlandia arctica* (Gray), с глубины 130 см. Получена запредельная датировка $> 44\ 000$ (AA-105592). Это хорошо коррелирует с оценками возраста, полученными по методу избыточного ^{230}Th [Гусев и др., 2012]. Разница в возрасте верхнего слоя мягкопластичных осадков, принятых нами за голоценовые, и нижнего слоя переуплотненных глин, содержащих фораминиферы и раковины морских моллюсков, по методу избыточного ^{230}Th составила ~ 172 тыс. лет. Таким образом, среднеплейстоценовые глины могут быть скоррелированы по возрасту с началом морской изотопной стадии (МИС) 6.

Это отличается от результатов донного опробования по внешней части Чукотского моря [Hill, Driscoll, 2010] и хребту Нордвинд [Polyak et al., 2007], где изрезанная эрозионная поверхность ассоциируется перечисленными авторами с моренным диамиктоном, возраст которого по AMS ^{14}C датировкам перекрывающих морских осадков определяется как сарганский (МИС 2). Для Чукотского плато предполагаемый возраст максимального распространения ледникового воздействия на дно оценивается в 185–130 тыс. лет (МИС 6) [Jakobsson et al., 2005]. При этом экзарации, как считают эти авторы, подверглась вершинная часть Чукотского плато и его склоны до современных глубин 1000 м. Наши материалы не подтверждают гипотезу о распространении ледникового покрова на континентальной окраине Восточно-Сибирского и Чукотского морей во время, соответствующее МИС 6. По всей видимости, в конце среднего неоплейстоцена здесь были развиты морские обстановки. Образовавшиеся позднее эрозионные формы, скорее всего, связаны с эрозионными процессами, вызванными подводными течениями, либо айсберговым и ледовым (стамухи) выпахиванием. Результаты изучения плотных морских глин, имеющих на сейсмоакустических профилях признаки моренного диамиктона, свидетельствуют о необходимости более осторожной интерпретации геофизических данных. Не всякие акустически прозрачные толщи, имеющие неровную, до пилообразной, верхнюю границу и представленные плотными глинами и суглинками, имеют ледниковое происхождение. Кроме того, само наличие изрезанной донной поверхности из-за закономерностей распространения сейсмических волн может приводить к осветлению до акустической прозрачности верхних горизонтов чехла. Таким образом могут возникать структуры, сейсмоакустическая запись которых будет похожа на запись моренного диамиктона.

Поднятие Менделеева. Структуры, внешне напоминающие ледниковые цирки, долины и краевые формы с холмистым рельефом, типичным для конечных и боковых морен, встречены в северной части поднятия Менделеева, на вершине горы Трукшина. Вершина горы представляет собой плоскую выровненную поверхность, с незначительными уклонами от центра к краям. Платообразная вершина со всех сторон окружена обрывистыми склонами (уклоны 20–40°, иногда – до 78°). Высшая отметка (1261 м) находится в западной части вершинной поверхности. Батиметрическая карта горы (рис. 3а) неточно передает особенности геоморфологического строения, платообразная вершинная поверхность на карте выражена неотчетливо.

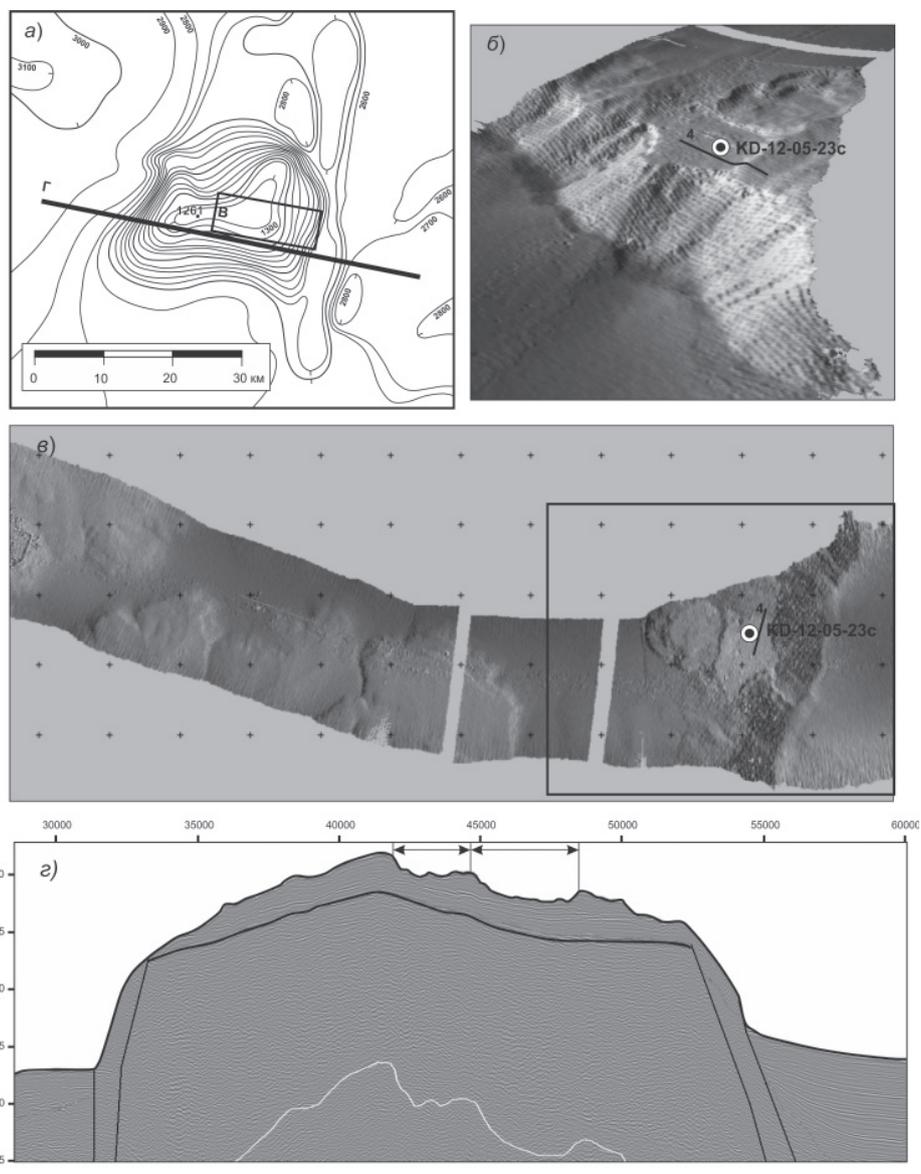


Рис. 3. Псевдогляциальные структуры горы Трукшина (северная часть поднятия Менделеева): *а* – батиметрическая карта горы Трукшина, *б* – перспективное изображение восточного склона горы Трукшина, *в* – батиметрическая схема многолучевого эхолотирования через вершинную поверхность горы Трукшина, *г* – фрагмент сейсмического профиля МОВ ОГТ ARC-1205, вертикальный масштаб – в секундах двойного времени. Стрелками показаны долинообразные понижения.

На более детальной батиметрической карте, построенной в полосе профиля многолучевого эхолотирования (рис. 3б, в), хорошо видны циркообразные понижения, переходящие в долины с корытообразным поперечным профилем, которые расходятся от вершины горы во все стороны, к краям плосковершинной поверхности.

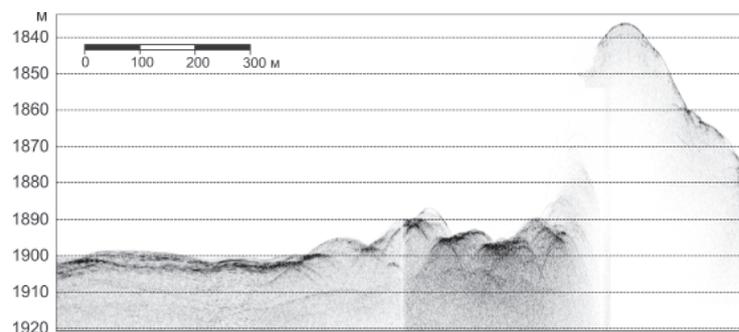


Рис. 4. Сейсмоакустический профиль через долинообразное понижение на вершинной поверхности горы Трукшина. Положение профиля показано на рис. 3б, в.

Ширина долин составляет около 3–4 км. Относительная глубина долин не превышает 50–80 м. В полосе профиля многолучевого эхолотирования оказались лишь верховья большинства корытообразных долин, которые резко начинаются с циркообразных обрывистых склонов. Лишь одна из таких долин субширотного простирания, ориентированная согласно линии профиля, видна от верховий до своего выхода на бровку обрывистого склона горы Трукшина, у северного склона долины профилографом зафиксирована гряда, напоминающая боковую морену ледника (рис. 4). Однако колонка донного опробования КД-12-05-23с (83° 02,4' с.ш., 177° 12,6' в.д., глубина моря – 1890 м), отобранная в пределах долины, вскрыла около 4 м осадков, представленных исключительно пелагическими илами, никакого намека на моренный диамиктон и эрратический гляциальный материал в керне нет. Осадки имеют мягкопластичную консистенцию, типичную для океанских осадков. У южного склона устьевой части описываемой долины никаких гряд не зафиксировано. На сейсмическом профиле МОВ ОГТ ARC1205, пересекающем гору Трукшина в субширотном направлении, хорошо видна неровная вершинная поверхность горы. По всей видимости, понижения рельефа, ярко выраженные на профиле, соответствуют корытообразным долинам.

В других районах поднятия Менделеева в краевых частях плосковершинных поверхностей подводных гор Шамшура, Рогоцкого, отрогов плато Т-3 наблюдаются уступы, образующие наклонные террасовидные поверхности, которые по амплитудам относительных глубин могут быть сопоставлены с глубиной трогообразных долин горы Трукшина.

Нами предполагается оползневой генезис циркообразных понижений, трогообразных долин, наклонных террас и неровностей дна. Скорее всего, к образованию этих структур привела сейсмическая активность, проявившаяся в позднем кайнозое. Несмотря на полное отсутствие эпицентров современных землетрясений в данном районе, свежесть тектонически обусловленных склонов подводных гор поднятия Менделеева и наличие выступов коренных пород в эскарпах свидетельствуют о былой сейсмической активности района. Сейсмические события могли привести к разжижению и оползанию нелитифицированных, обводненных, мало устойчивых к внешнему воздействию позднекайнозойских осадков. Их оползневое перемещение на пологих склонах к краям платообразных вершинных поверхностей далее продолжилось в виде мутьевых потоков, доставивших перемещенный материал по крутым склонам к подножию гор и равномерно распределивших его в виде слабо выраженных в рельефе

конусов выноса. О былой сейсмической активности района говорят многочисленные разнонаправленные разрывные нарушения, фиксирующиеся на сейсмических профилях, нарушающих фундамент и весь осадочный чехол поднятия Менделеева до подошвы плиоцен-четвертичной толщи [Bruvoll et al., 2010; Hegewald, Jokat, 2013]. Похожая ситуация наблюдается и на континентальной окраине моря Лаптевых, где одновременно с современной сейсмичностью, по данным сейсморазведки, также наблюдается большое количество разломов, нарушающих кайнозойскую толщу осадков, но не проникающих в плиоцен-четвертичный чехол [Рекант, Гусев, 2009; Гусев, 2011].

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛИНЕАМЕНТОВ

Сторонники ледникового происхождения форм рельефа континентальной окраины Восточно-Сибирского и Чукотского морей, а также примыкающих к окраине краевых плато и подводных гор часто определяют гляциальный генезис структур без особых на то оснований. В частности, в работе Франка Ниссена и соавторов [Niessen et al., 2013] на фрагментах сейсмических и сейсмоакустических профилей поверхности несогласий определены как сформированные гляциальной абразией. Вместе с тем такие поверхности формируются и без участия ледового фактора. То же самое замечание относится и к перемещенному материалу, характеризующемуся акустически прозрачной записью. Совсем необязательно эти осадки перемещены ледниками, точно такие же структуры встречаются в оползневых структурах, иногда – в отложениях турбидитных течений.

Имеет место существенное отличие линеаментов, покрывающих вершинные поверхности гор и плато в южной части поднятия Менделеева, на Чукотском куполе и хребет Нордвинд, от похожих структур, описанных для Баренцевского шельфа [Andreassen et al., 2008; Vjarnadottir et al., 2013]. На шельфе Баренцева моря линеаменты строго привязаны к понижениям рельефа морского дна, часто имеют веерообразный в плане рисунок. В пределах континентальной окраины Восточно-Сибирского моря линеаменты, наоборот, приурочены к положительным формам рельефа. На вершинах Чукотского купола и хребта Нордвинд линеаменты по своему субширотному направлению согласуются с действующим в настоящее время Бофортским круговым течением Американо-Северного Ледовитого океана. Самые южные плосковершинные поверхности поднятия Менделеева, называемые в работах [Hall, 1979; Niessen et al., 2013] плато Арлис и Сорго (рис. 1), покрыты штрихами и бороздами, ориентированными субмеридионально, под углом около 90° по отношению к линеаментам Чукотского купола и хребта Нордвинд. Граница между этими двумя системами линеаментов приурочена к 500-метровой изобате, т.е. системы развиты в разных глубинных интервалах. Это наводит на мысль о возможном воздействии на дно подводных течений, приуроченных к различным глубинным уровням. Линеаменты, ориентированные меридионально, т.е. направленные от внешней части шельфа в глубоководную область, могут быть обусловлены стоковыми холодными течениями плотных соленых вод. Это явление, именуемое каскадингом, для Северного Ледовитого океана пока слабо изучено, но некоторые сведения о каскадинге на континентальных склонах Аляски, Северной Земли и Земли Франца-Иосифа все же имеются [Иванов, 2012; Головин, 2007; 2012; Shapiro et al., 2003; Ivanov, Golovin, 2007]. Могут ли холодные стоковые гравитационные течения не только приводить к образованию локальных линейных эрозионных форм в виде сливающихся друг с другом подводных долин и каньонов, формирующих древовидный в плане рисунок, но и формировать системы параллельных

друг другу линеаментов, распространяющихся на плоских склоновых поверхностях, значительных по площади, – вопрос, требующий изучения. Процессы, приводящие к накоплению осадков на континентальном склоне вне границ подводных каньонов, а также формы рельефа этих участков вообще изучены очень слабо [Mulder, 2011].

Что касается линеаментов, ориентированных субширотно, параллельно континентальной окраине, представляется, что возможной причиной их образования могут быть современные или древние контурные течения. Впервые они были выявлены сейсмическим профилированием и фотосъемкой океанского дна с дрейфующего ледяного острова Т-3. Тогда были получены свидетельства широкого развития на хребте Альфа и поднятии Менделеева придонных течений, скорость которых оценивалась от 1 до 4–6 см/с [Hall, 1979]. Участки размыва дна выявлены сейсмическими исследованиями как на склонах подводных гор, так и по днищам глубоководных котловин [Bruvoll et al., 2010]. Нами в экспедиции «Арктика-2012» на поднятии Менделеева также наблюдались подводные течения. В частности, стоковые течения были зафиксированы у устьев подводных каньонов, спускающихся с подводных гор Рогоцкого и Шамшура (северная часть поднятия Менделеева). Кроме того, на вершинной поверхности одной из гор в южной части поднятия Менделеева, в непосредственной близости от места отбора колонки донных осадков HLY0503-8JPC [Adler et al., 2009], также наблюдалось течение, направленное с севера на юг, скорость которого оценена нами в 1 узел (1,8 км/ч или 0,5 см/с). Несмотря на незначительную скорость современного течения, можно допустить ее большую величину в прошлые эпохи, когда усиливался обмен вод с Атлантическим и Тихим океанами, при колебаниях уровня моря, во время сокращения площади ледового покрова в Арктическом бассейне и т.д. Кроме того, на сейсмических профилях МОВ ОГТ, пересекающих склоны подводных гор поднятия Менделеева, постоянно присутствуют эрозионно-аккумулятивные формы, характерные для контурных течений.

Несмотря на привлекательность ледникового объяснения причин образования линеаментов, гряд, террас и других структур, имеется ряд фактов, не укладывающихся в гляциальную концепцию. Одним из них является необыкновенно высокая степень сохранности продольных гряд и ложбин, соотносимых с процессами ледникового выпахивания. Сторонниками точки зрения о ледниковом происхождении линеаментов никак не объясняется, почему продольные борозды и гряды не нарушены айсберговой штриховкой. Существовавший некогда гипотетический ледниковый щит должен был рано или поздно начать деградировать, распадаться и отступать и, как следствие, продуцировать большое количество айсбергов. Такие структуры выпахивания (*plowmarks*) зафиксированы на многих континентальных окраинах в высоких широтах.

Другое возражение, возникающее при знакомстве с «гляцигенными» структурами, – это возможность образования подобных структур и без всякого участия ледника – оползневые террасы с акустически прозрачным строением толщ, следы действия подводных течений, конусы выноса, связанные с неотектонической активизацией континентальных окраин, а не с колебаниями климата.

Указания авторов [Niessen et al., 2013; Dove et al., 2013; Brigham-Grette, 2013] на хорошее совпадение их гляциальных реконструкций с данными по четвертичной геологии Новосибирских островов [Басилян и др., 2008; 2010] также представляются не вполне обоснованными. Доказательством существования ледникового покрова считается наличие подземных льдов на островах Новосибирского архипелага, кото-

рые выдаются за остатки плейстоценового ледника. Однако проведенные детальные исследования геохимии и изотопного состава кислорода из этих льдов неоспоримо свидетельствуют об их внутригрунтовом происхождении, а не об атмосферном, глетчерном [Иванова, 2012].

Принимаемые за гляциодислокации деформации рыхлых осадков о. Новая Сибирь [Гросвальд, 1988; Басилян и др., 2008; 2010], являются, скорее всего, складками гравитационного оползания. В частности, в районе утеса Деревянные горы в поле силы тяжести выделяется гравитационная ступень, соответствующая резкому перепаду глубины залегания поверхности складчатого фундамента. По всей видимости, в эпохи потепления происходила оттайка мерзлых толщ. Обводненные глинистые и супесчаные отложения сползали с горстового поднятия в сторону современного берега моря. При этом, скорее всего, происходило неотектоническое воздымание горстового поднятия Деревянных гор, т.к. четвертичные морские террасы, находящиеся здесь, деформированы [Большаинов, 2006].

Наблюдаемые на акватории подводные гряды, опоясывающие южные берега островов Новая Сибирь и Жохова, являются не стадияльными моренами [Гросвальд, 1988], а подводными барами, сложенными песками и образовавшимися благодаря мелководным морским течениям [Никифоров, 1984].

Можно согласиться с предположением М.А. Левитана и соавторов [2010] по поводу существования в прошлом небольших ледниковых куполов на Новосибирских островах. Однако такие ледники были, скорее, пассивными и не оказали значительного влияния на рельеф островов и окружающего шельфа морей Лаптевых и Восточно-Сибирского [Большаинов, 2006; Большаинов и др., 2013].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения, выполненные нами на континентальной окраине Восточно-Сибирского моря и на поднятии Менделеева, свидетельствуют о развитии в регионе псевдогляциальных структур, внешне напоминающих ледниковые. Представляется, что циркуобразные понижения на краях плосковершинных поверхностей подводных гор поднятия Менделеева связаны с процессами оползания нелитифицированных обводненных осадков. Оползни были инициированы, по всей видимости, сейсмической активностью района в позднем кайнозое. Образование широко развитых на внешней части шельфа Восточно-Сибирского и Чукотского морей линеаментов может быть связано с действием подводных течений. Происхождение структур, распространенных мористее, в диапазоне глубин 600–1000 м, пока неясно. Возможно, они также связаны с воздействием на дно подводных течений (контурных?). В целом вопросы определения генезиса многих форм рельефа дна Северного Ледовитого океана, внешне напоминающих гляциальные, далеки от разрешения и требуют дальнейших комплексных исследований.

Авторы сердечно благодарят экипажи НЭС «Академик Федоров», ледоколов «Капитан Драницын» и «Диксон», а также исследовательских подводных лодок Министерства обороны Российской Федерации за выполнение комплексных исследований в труднодоступных районах Арктики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев С.П., Зеньков А.Ф., Курсин С.Б., Ставров К.Г. Батиметрические исследования ОАО

- «ГНИНГИ» в центральной части Арктики // Навигация и гидрография. 2010. № 30. С. 9–17.
- Ашик И.М., Соколов В.Т.* Основные итоги и предварительные результаты экспедиции «Арктика-2007» // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 3(80). С. 72–85.
- Басилян А.Э., Никольский П.А., Анисимов М.А.* Плейстоценовое оледенение Новосибирских островов – сомнений больше нет // Новости МПГ 2007/08. 2008. № 12. С. 7–9.
- Басилян А.Э., Никольский П.А., Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю.* Возраст следов покровного оледенения Новосибирских островов по данным $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датирования раковин моллюсков // Строение и история развития литосферы. М.: Paulsen, 2010. С. 506–514.
- Большаянов Д.Ю.* Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. СПб.: ААНИИ, 2006. 296 с.
- Большаянов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г.* Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 268 с.
- Головин П.Н.* Эффективность каскадинга плотных шельфовых вод на материковом склоне архипелага Северная Земля в море Лаптевых и возможность вклада в вентиляцию промежуточных вод котловины Нансена // Океанология. 2007. Т. 47. № 1. С. 49–58.
- Головин П.Н.* Условия формирования шельфовых вод и стока на разных акваториях Арктики и Антарктики // Метеорология и гидрология. 2012. № 12. С. 55–68.
- Гросвальд М.Г.* Признаки покровного оледенения Новосибирских островов и окружающего шельфа // Доклады АН СССР. 1988. Т. 302. № 3. С. 654–659.
- Гусев Е.А.* Геологическое строение области сочленения хребта Ломоносова с континентальной окраиной морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/29_2011.pdf [дата обращения 01.09.2013].
- Гусев Е.А., Зинченко А.Г., Бондаренко С.А., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г., Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Левченко С.Б., Жеребцов И.Е., Попов В.В.* Новые данные о рельефе и четвертичных отложениях внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. М.: ГЕОС, 2012. С. 58–68.
- Иванов В.В.* Структурообразующие гидрофизические процессы в Приатлантической Арктике: Авторефер. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. СПб.: ААНИИ, 2012. 38 с.
- Иванова В.В.* Геохимия пластовых льдов острова Новая Сибирь (Новосибирские острова, Российская Арктика) как отражение условий их генезиса // Криосфера Земли. 2012. Том XVI. № 1. С. 56–70.
- Кременецкий А.А.* Арктида. 2-е изд. доп. М.: ФГУП «ИМГРЭ», 2013. 300 с.
- Кременецкий А.А., Громалова Н.А.* Природа древних цирконов из пород Срединно-Атлантического хребта и поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 (ч. 3). С. 594–600.
- Левитан М.А., Рощина И.А., Русаков В.Ю., Сыромятников К.В., Шпильхаген Р.* Четвертичная история седиментации на подводном хребте Ломоносова (Северный Ледовитый океан) // Строение и история развития литосферы. М.: Paulsen, 2010. С. 464–490.
- Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П., Каиубин С.Н., Кременецкий А.А., Шкатов М.Ю., Каминский В.Д., Гусев Е.А., Грикуров Г.Э., Рекант П.В., Шевченко С.С., Сергеев С.А., Шатов В.В.* Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // Региональная геология и металлогения. 2013. № 53. С. 34–55.
- Никифоров С.Л.* Геоморфология дна западной части Восточно-Сибирского моря // Океанология. 1984. Т. XXIV. № 6. С. 948–953.
- Рекант П.В., Гусев Е.А.* Признаки новейших тектонических движений на Лаптевоморской континентальной окраине по данным сейсмоакустического профилирования // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 2(82). С. 85–94.

Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5 000 000, проекция стереографическая. ГУНиО МО, ВНИИОкеангеология, РАН. СПб., 1998.

Рождественский В.Х., Васильев Ю.А., Желудев А.В., Сорокин В.В. Новые глубоководные буровые установки донного базирования // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. С. 56–59.

Шкатов М.Ю., Иванов Г.И. Первая российская скважина на дне Северного Ледовитого океана // Океанология. 2013. Т. 53. № 4. С. 569–572.

Adler R.E., Polyak L., Ortiz J.D., Kaufman D.S., Channell J-E.T., Xuan Ch., Grottoli A.G., Sellun E., Crawford K.A. Sediment record from the western Arctic Ocean with an improved Late Quaternary age resolution: HOTRAX core HLY0503-8JPC, Mendeleev Ridge // Global and Planetary Change. 2009. Vol. 68. P. 18–29. doi: 10.1016/j.gloplacha.2009.03.026.

Andreassen K., Laberg J.S., Vorren T.O. Seafloor geomorphology of the SW Barents Sea and its glaci-dynamic implications // Geomorphology. 2008. Vol. 97. Is. 1–2. P. 157–177. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.02.050

Bjarnadottir L.R., Rùther D.C., Winsborrow M.C.M., Andreassen K. Grounding-line dynamics during the last deglaciation of Kveithola, W Barents Sea, as revealed by seabed geomorphology and shallow seismic stratigraphy // Boreas. 2013. Vol. 42. P. 84–107. doi: 10.1111/j.1502-3885.2012.00273.x

Brigham-Grette J. Palaeoclimate: A fresh look at Arctic ice sheets // Nature Geoscience. 2013. Vol. 6. P. 807–808. doi:10.1038/ngeo1960

Bryn P., Berg K., Forsberg C.F., Solheim A., Kvalstad T.J. Explaining the Storegga Slide // Marine and Petroleum Geology. 2005. Vol. 22. Is. 1–2. P. 11–19. doi:10.1016/j.marpetgeo.2004.12.003

Bruvøll V., Kristoffersen Y., Coakley B.J., Hopper J. Hemipelagic deposits on the Mendeleev and Alpha sub-marine ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and inter-ridge correlation calibrated by the ACEX results // Marine Geophysical Research. 2010. Vol. 31. P. 149–171. doi:10.1007/s11001-010-9094-9.

Ivanov V.V., Golovin P.N. Observations and modeling of dense water cascading from the northwestern Laptev Sea shelf // Journal of Geophysical Research. 2007. Vol. 112. Is. C9. C09003, doi: 10.1029/2006JC003882.

Jakobsson M., Gardner J.V., Vogt P.R., Mayer L.A., Armstrong A., Backman J., Brennan R., Calder B., Hall J.K., Kraft B. Multibeam bathymetric and sediment profiler evidence for ice grounding on the Chukchi Borderland, Arctic Ocean // Quaternary Research. 2005. Vol. 63. Is. 2. P. 150–160. doi: 10.1016/j.yqres.2004.12.004

Jakobsson M., Polyak L., Edwards M., Kleman J., Coakley B. Glacial geomorphology of the Central Arctic Ocean: the Chukchi Borderland and the Lomonosov Ridge // Earth Surface Processes and Landforms. 2008. Vol. 33. Is. 4. P. 526–545. doi: 10.1002/esp.1667

Jakobsson M., Nilsson J., O'Regan M., Backman J., Löwemark L., Dowdeswell J.A., Mayer L., Polyak L., Colleoni F., Anderson L.G., Björk G., Darby D., Eriksson B., Hanslik D., Hell B., Marcussen C., Sellén E., Wallin Å. An Arctic Ocean ice shelf during MIS 6 constrained by new geophysical and geological data // Quaternary Science Reviews. 2010. Vol. 29. Is. 25–26. P. 3505–3517. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.03.015

Hall J.K. Sediment waves and other evidence of paleo-bottom currents at two locations in the deep Arctic Ocean // Sedimentary Geology. 1979. Vol. 23. P. 269–299.

Hegewald A., Jokat W. Tectonic and sedimentary structures in the northern Chukchi region, Arctic Ocean // Journal of Geophysical Research. Solid Earth. 2013. Vol. 118. Is. 7. P. 3285–3296. doi:10.1002/jgrb.50282

Hill J.C., Driscoll N.W. Iceberg discharge to the Chukchi shelf during the Younger Dryas // Quaternary Research. 2010. Vol. 74. Is. 1. P. 57–62. doi: 10.1016/j.yqres.2010.03.008

Kristoffersen Y., Coakley B., Jokat W., Edwards M., Brekke H., Gjengedal J. Seabed erosion on the

Lomonosov Ridge, central Arctic Ocean: A tale of deep draft icebergs in the Eurasia Basin and the influence of Atlantic water inflow on iceberg motion? // *Paleoceanography*. 2004. Vol. 19. Is. 3. PA3006. doi:10.1029/2003PA000985.

Dove D., Polyak L., Coakley B. Widespread, multi-source glacial erosion on the Chukchi margin, Arctic Ocean // *Quaternary Science Reviews*. 2013. In press. doi:10.1016/j.quascirev.2013.07.016

Laberg J.S., Vorren T.O., Dowdeswell J.A., Kenyon N.H., Taylor J. The Andøya Slide and the Andøya Canyon, north-eastern Norwegian-Greenland Sea // *Marine Geology*. 2000. Vol. 162. Is. 2–4. P. 259–275. doi: 10.1016/S0025-3227(99)00087-0.

Mulder T. Gravity Processes on Continental Slope, Rise and Abyssal Plains // *Deep-sea sediments* (edited by H. Hüneke, T. Mulder). *Developments in Sedimentology*. 2011. Vol. 63. P. 25–148. doi: 10.1016/B978-0-444-53000-4.00002-0.

Niessen F., Hong J.K., Hegewald A., Matthiessen J., Stein R., Kim H., Kim S., Jensen L., Jokat W., Nam S.-H., Kang S. Repeated Pleistocene glaciation of the East Siberian continental margin // *Nature Geoscience*. 2013. Vol. 6. Is. 10. P. 842–846. doi: 10.1038/ngeo1904.

Polyak L., Edwards M.H., Coakley B.J., Jakobsson M. Ice shelves in the Pleistocene Arctic Ocean inferred from glaciogenic deep-sea bedforms // *Nature*. 2001. Vol. 410. № 6827. P. 453–457. doi: 10.1038/35068536.

Polyak L., Darby D.A., Bischof J.F., Jakobsson M. Stratigraphic constraints on late Pleistocene glacial erosion and deglaciation of the Chukchi margin, Arctic Ocean // *Quaternary Research*. 2007. Vol. 67. Is. 2. P. 234–245. doi: 10.1016/j.yqres.2006.08.001.

Polyak L., Jakobsson M. Quaternary sedimentation in the Arctic Ocean: Recent advances and further challenges // *Oceanography*. 2011. Vol. 24. Is. 3. P. 52–64. doi:10.5670/oceanog.2011.55.

Shapiro G.I., Huthnance J.M., Ivanov V.V. Dense water cascading off the continental shelf // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2003. Vol. 108. Is. C12. 3390, doi: 10.1029/2002JC001610.

Vogt P.R., Gardner J., Crane K. The Norwegian–Barents–Svalbard (NBS) continental margin: Introducing a natural laboratory of mass wasting, hydrates, and ascent of sediment, pore water, and methane // *Geo-Marine Letters*. 1999. Vol. 19. Is. 1–2. P. 2–21. doi: 10.1007/s003670050088.

E.A.GUSEV, P.V.REKANT, D.YU.BOLSHIYANOV, R.V.LUKASHENKO, A.O.POPKO

PSEUDOGLACIAL STRUCTURES OF MENDELEEV RISE SEAMOUNTS (ARCTIC OCEAN) AND EAST SIBERIAN CONTINENTAL MARGIN

Observations made on the continental margin of the East Siberian Sea and the Mendeleev Rise, detected pseudoglacial structures that looks like structures formed by ice sheets. Circus-like structures at the edges of flat tops of the Mendeleev Rise seamounts associated with the slumping processes of waterlogged sediments. Lineaments on the sea floor could be formed by bottom currents.

Keywords: lineaments, ocean floor relief, slumping processes, ice sheets, Mendeleev Rise.