

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ  
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИЛАПТЕВОМОРСКОГО СЕГМЕНТА  
ХРЕБТА ЛОМОНОСОВА И ПОДНЯТИЯ МЕНДЕЛЕЕВА  
КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ИСТОЧНИКОВ  
ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА**

*канд. геол.-минерал. наук П.В.РЕКАНТ, вед. инженер Е.С.МИРОЛЮБОВА,  
канд. геол.-минерал. наук И.А.АНДРЕЕВА, вед. инженер Л.С.СМИРНОВА  
ФГУП «ВНИИОкеангеология им И.С.Грамберга», Санкт-Петербург, e-mail:rekant@mail.ru*

*На базе изучения минеральных ассоциаций рыхлых отложений проведен анализ распределения основных породообразующих и акцессорных минералов по 15 станциям, расположенным на эскарпах в южных частях поднятия Менделеева и хребта Ломоносова. Установлено различие минеральных ассоциаций как на региональном, так и на субрегиональном уровне. Границы распространения минеральных ассоциаций совпадают с тектоническими границами, обусловленными, в свою очередь, глубинными разломами, омоложенными на неотектоническом этапе. Показано, что для станций, расположенных вблизи крутых эскарпов, влияние ледового и айсбергового разноса на формирование минеральных ассоциаций не является определяющим. Здесь присутствует значительный объем продуктов размыва местных коренных источников. На основании оценки минеральных ассоциаций тяжелой и легкой фракций высказаны предположения о составе ожидаемого разреза пород фундамента в районе исследований.*

*Ключевые слова:* минеральные ассоциации, поднятие Менделеева, хребет Ломоносова, эдафогенный материал, дрейфовый материал.

#### ВВЕДЕНИЕ

Вопрос геологической природы консолидированного основания области Центрально-Арктических поднятий (ЦАП) весьма важен. Попыткам решения этой проблемы посвящен широкий круг научных публикаций как отечественных, так и иностранных ученых [Деменицкая, Киселев, 1965; Jackson et al., 1986; Лебедева-Иванова, 2004; Langinen et al., 2008; Поселов и др., 2002; и многие другие] за более чем 50-летнюю историю. В настоящее время интерес к данной проблеме рассматривается через призму обоснования внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) России. Острая дискуссионность тематики во многом объясняется отсутствием геологического материала, способного заверить существующие геолого-геофизические модели строения земной коры региона. Единственная пробуренная в глубоководной Арктике скважина АСЕХ-302 [Mogan et al., 2006; Backman et al., 2008] не вскрыла литифицированные породы акустического фундамента хребта Ломоносова (ХЛ), а была остановлена в базальных горизонтах чехла. Поэтому в настоящее время донно-каменный материал (ДКМ), получаемый при геологическом пробоотборе, может служить важным, а порой единственным источником геологической информации.

ДКМ принято разделять на две основные генетические группы: эдафогенный материал, образованный *in situ* за счет размыва пород коренного ложа, и дрифтовый обломочный материал, принесенный морскими льдами и айсбергами. Однако критерии, по которым арктический ДКМ может быть разделен на эти два основных класса, до сих пор не ясны. В западной геологической практике в основном преобладают идеи о преобладании в составе ДКМ дрифтового материала. Вместе с тем накопленный в последние десятилетия фактический материал показывает, что в пробах с крутых эскарпов и их подножий наряду с дрифтовым материалом присутствуют эдафогенные обломки [Grantz et al., 1998; Кабаньков, Андреева, 2004; Рекант и др., 2012, Database for ECS Dredge Samples at NOAA/NGDC].

Экспедиция «Арктика-2012» на поднятие Менделеева принесла весьма информативный геологический материал. С ключевых участков на этой структуре поднято несколько тысяч обломков горных пород, типичных для чехла древней платформы [Морозов и др., 2013], получено несколько кернов грунтовых колонок, пробурены три приповерхностные скважины, вскрывшие базальты. Часть полученных обломков содержит фаунистические остатки палеозойской и мезозойской фауны. Однако без выработки критериев разделения этого материала на дрифтовую и эдафогенную составляющие его дальнейшее использование будет малорезультативно.

По нашему мнению, выработка части подобных критериев может быть выполнена на базе анализа закономерностей распределения минералов тяжелой (ТФ) и легкой фракций (ЛФ) из донных осадков. В отличие от ДКМ, количество которого на большинстве станций статистически непредставительно, минеральные ассоциации (МА) ТФ могут быть сопоставлены с ключевыми районами шельфа и глубоководной Арктики.

Таким образом, целью настоящей статьи мы видим следующее:

– дать сравнительный анализ минеральных ассоциаций из рыхлых отложений с прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова и южной части поднятия Менделеева с ключевыми участками смежных шельфов,

– выявить генетические связи МА с источниками коренных пород,

– предложить минералогические критерии разделения обломочного материала на дрифтовую и эдафогенную составляющие, а также качественно оценить вклад каждого источника на формирование МА.

#### ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА РАБОТЫ

В настоящей статье дается анализ минеральных ассоциаций рыхлых отложений с прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова, отобранных в экспедиции «Арктика-2007», а также с поднятия Менделеева, полученных в экспедиции «Арктика-2012» (рис. 1). Все анализируемые станции располагались вблизи крутых эскарпов, где предполагались обнажения коренных пород. Наличие выходов коренных пород на поднятии Менделеева было подтверждено визуальными наблюдениями Е.А.Гусева с борта глубоководной научно-исследовательской подводной лодки [Гусев и др., в печати]. Очевидно, что эти обнажения на крутых склонах подводных гор являются источником обломочного материала.

Материал экспедиции «Арктика-2007» представляет собой керны гидростатических трубок длиной от 7 до 10 м, отобранных как на восточном, так и на западном склонах хребта Ломоносова (рис. 1). Выбор положения станции пробоотбора осуществлялся на основании анализа батиметрических и немногочисленных сейсмических данных [Jokat, 2005].

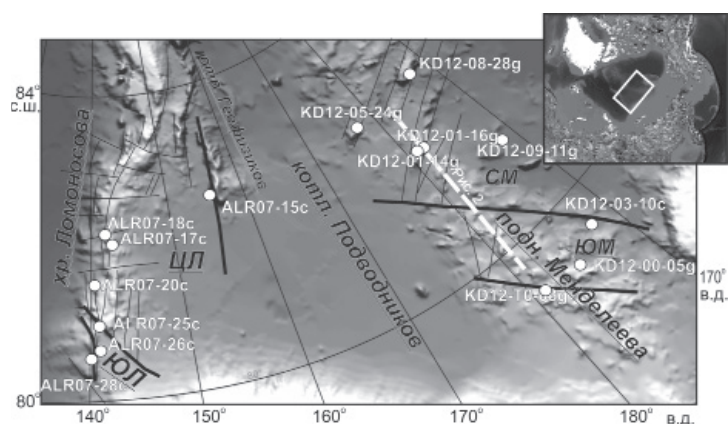


Рис. 1. Схема расположения станций донного пробоотбора экспедиции «Арктика-2007» (ALR07) и «Арктика-2012» (KD12), анализируемых в статье. Тонкие линии – предполагаемые по геофизическим данным тектонические нарушения, жирные линии – региональные глубинные разломы. Буквенные индексы соответствуют названиям кластеров станций (см. описание в тексте).

Материал экспедиции «Арктика-2012» представляет собой преимущественно короткие трубки (35–50 см), отобранные из разрезов грейфера и опробованные с интервалом 5–8 см. Кроме того в настоящей работе проанализирован один керн гидростатической трубки KD12-03-10с длиной 950 см (рис. 1). Координаты положения пробоотборника определялись при помощи высокоточной системы подводной навигации и корректировались в ходе визуального обследования районов эскарпов с борта глубоководной научно-исследовательской подводной лодки [Морозов и др., 2013].

Рыхлый осадок, представленный алевропелитами с примесью песчаного и гравийного материала, подвергался стандартному гранулометрическому анализу водно-ситовым методом по методике В.П.Петелина, усовершенствованной Н.Н.Лапиной [Лапина, 1975]. Далее фракция 0,1–0,05 мм, характеризующаяся наиболее высокой концентрацией тяжелых минералов и максимальной полиминеральностью, разделялась в тяжелой жидкости (бромформе – уд. вес 2,85 г/см<sup>3</sup>) на тяжелую и легкую подфракции. Минералогический анализ проводился при использовании бинокулярного микроскопа “Olimpus ВН-2” в иммерсионных жидкостях. Для проб с хребта Ломоносова анализировалась только тяжелая фракция, а для проб с поднятия Менделеева как тяжелая, так и легкая подфракции.

В результате были определены содержания основных и аксессуарных минералов по 380 пробам. При анализе МА учитывались такие параметры, как: распространенность минералов в земной коре, устойчивость к переносу, морфологические признаки изучаемых зерен – цвет, окатанность, включения и др. Кроме того, были проанализированы опубликованные и фондовые материалы по закономерностям распределения минералов ТФ в осадках шельфовых арктических морей и Мировом океане.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ**

В результате анализа установлено заметное различие МА как на региональном, так и на субрегиональном уровнях. Наиболее ярко различие Ломоносовской и Менделеевской провинций в целом прослеживается по содержанию неустойчивых (в т.ч. породообразующих) минералов, а также по составу ассоциаций аксессуарных мине-

Таблица 1

## Минералогические ассоциации ТФ прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова

Станция	Содержание	mPx	Hb	Ep-Zo	Grt	Zrn	Ti-стые	Черн. руд	> 1 %	< 1 %	Постоянно в разрезе
ALR07-15c	Сред	2,2	39,5	18,2	5,4	5,6	3,6	18,7		Ac-Tr, Si	Постоянно в разрезе Ap (1-2 %), Tu (~1 %), Sph (0,3-1,0 %), R (0,6-1,0 %), Bt (0,3-0,5 %), St (0,1-0,3 %), Ky (0,1-0,3 %), Chl (0,1-0,3 %), Ans, Aeg, Or – ед. зерна.
	Мин	0,5	30,5	9,8	2,3	3,5	0,7	12,4			
	Макс	5,0	50,9	24,9	10,8	8,2	6,6	36,5			
ALR07-17c	Сред	4,4	36,7	12,4	9,3	5,9	3,0	21,9		Ac-Tr, Ad, Si, Py	
	Мин	0,3	12,9	7,9	3,7	3,6	0,2	11,8			
	Макс	15,3	52,0	19,0	16,9	10,7	6,0	43,6			
ALR07-18c	Сред	6,9	32,6	13,5	9,7	7,5	2,7	21,0		Opх, bHb, Py, Gc	
	Мин	1,1	3,5	7,0	3,3	3,3	0,5	9,0			
	Макс	13,1	56,5	23,5	16,5	14,6	5,5	43,8			
ALR07-20c	Сред	7,8	38,4	12,6	8,1	6,9	2,6	17,6		Opх, Ac-Tr, Chl, Py	
	Мин	2,8	8,2	7,9	3,6	3,7	0,2	6,7			
	Макс	22,0	50,3	19,5	15,6	10,6	4,4	36,0			
ALR07-25c	Сред	9,7	32,8	17,5	10,1	3,7	5,5	9,8	Opх, Py, Ac-Tr, Chl,	Ol, Hb, Mz, Ad, Si, Do, Chl-Ep, Sd	
	Мин	3,6	14,9	11,9	5,3	2,2	1,8	3,9			
	Макс	18,0	43,8	20,4	21,9	5,9	9,0	18,2			
ALR07-26c	Сред	9,1	31,6	18,8	8,0	3,6	6,4	7,9	Opх, Chl, Py, Ac-Tr	Ol, Ad, Si, Do, Chl-Ep Sd.	
	Мин	3,8	6,2	13,0	5,1	1,5	4,4	2,7			
	Макс	22,2	44,0	26,0	13,5	5,8	9,3	18,4			
ALR07-28c	Сред	15,0	33,9	9,6	8,4	6,2	2,5	17,4	Py	Opх, bHb, Chl, Si,	
	Мин	5,0	7,8	2,4	1,2	2,0	0,8	1,6			
	Макс	48,3	56,3	15,8	20,3	10,3	5,1	36,9			

Примечания: 1 – двойной линией показаны границы кластеров, выделенных по различию МА; 2 – Буквенные обозначения минералов приведены согласно [Методическое..., 2009].

ралов. При этом замечено, что распределение устойчивых минералов-космополитов, таких как гранат (Grt) и циркон (Zrn)<sup>1</sup>, различается несущественно (табл. 1, 2). По сравнению с хребтом Ломоносова минеральные ассоциации поднятия Менделеева отличаются заметным увеличением содержания черных рудных (до 45,4 % против 21,9 %), клинопироксенов (Cpx) (11,3 % против 7,8 %), гидроокислов железа, доломита (Dol), барита (Brt), Zrn, брукита, титанистых минералов, резко уменьшается содержание роговой обманки (Hb) (с >30 % на хребте Ломоносова до 10–13 % на поднятии Менделеева), группы эпидота-циозита (Ep-Zo), сидерита (Sd), несколько уменьшается содержание ромбических пироксенов (Rpx), эгирина (Aeg), минералов группы актинолита-тремолита (Act-Tr) и хлорита.

Региональный минеральный «портрет» прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова характеризуется резким (иногда заметно более 50 %) преобладанием суммы неустойчивых минералов над космополитичными Grt, Zrn и даже над черными рудными. Содержания Rpx и амфиболов (Am) здесь часто заметно превышают содер-

<sup>1</sup> Здесь и далее по тексту буквенные обозначения минералов приведены согласно [Методическое..., 2009].

жания этих минералов на прилегающих шельфах (табл. 3). Состав ассоциации устойчивых минералов достаточно стабилен как по составу, так и содержанию (табл. 1). Черные рудные минералы представлены преимущественно магнетитом и частично ильменитом и составляют в среднем до 20 % ТФ. Grt и Zrn составляют до 5–7 и 3–6% соответственно, менее устойчивые апатит, турмалин, сфен, рутил – примерно по 1%.

По составу МА все станции на хребте Ломоносова удается сгруппировать в три основных кластера, различающихся содержанием основных породообразующих минералов, а также различным комплексом акцессорных минералов, формирующих их минеральный «портрет» (рис. 1, табл. 1). Центрально-Ломоносовский кластер (ЦЛ) объединяет станции ALR07-15с, ALR07-17с, ALR07-18с и ALR07-20с и охватывает центральный массив хребта, включая отрог Геофизиков. Южно-Ломоносовский кластер (ЮЛ) включает станции ALR07-25с и ALR07-26с в пределах кайнозойского грабена в зоне сочленения хребта Ломоносова и шельфа Восточно-Сибирского моря (ВСМ). Различия в составе МА станций ALR07-28с на крайнем юго-западе полигона позволили нам выделить здесь отдельный кластер: Юго-западный Ломоносовский (ЮЗЛ) (рис. 1), пространственно совпадающий с небольшим безымянным субмеридиональным отрогом хребта Ломоносова.

В отличие от ЦЛ-кластера для минеральных ассоциаций ЮЛ-кластера характерно наличие во всех интервалах опробования небольших, однако устойчивых концентраций минералов Act-Tr, ортопироксенов (Орх), пирита и хлорита, в отдельных интервалах Dol, силлиманита, базальтической роговой обманки (bHb) и в единичных знаках очень неустойчивого к переносу оливина (табл. 1). Последний является очень нестойким продуктом размыва свежих оливиновых базальтов или ультрабазитов. Кроме того, в этих станциях практически по всему разрезу встречены фрагменты обломков пород и хлорит-эпидотовых агрегатов (Chl-Ep) – продуктов разрушения слабометаморфизованных осадочных толщ. Ассоциации ЮЗЛ-кластера отличаются от ЦЛ значительно более высокими содержаниями моноклинных пироксенов, пониженными концентрациями Ep-Zo, наличием пирита.

По составу минеральных ассоциаций на поднятии Менделеева выделяется четыре кластера (рис. 1, табл. 2). Южно-Менделеевский кластер станций (ЮМ) включает две станции KD12-00-05g и KD12-03-10с, расположенные в пределах диагонального СЗ-ЮВ грабена, наложенного на блоковую структуру южной части поднятия. Северо-Менделеевский кластер (СМ) (станции KD12-09-11g, KD12-01-14g, KD12-01-16g, KD12-05-24g) охватывает центральную, наименее приподнятую часть структуры. Граница этих кластеров пространственно совпадает с глубинным тектоническим нарушением, разделяющим области поднятия Менделеева, характеризующиеся различным строением фундамента. Состав МА крайних южной (KD12-ТО-03g) и северной (KD12-08-28g) станций имеют свои собственные минеральные портреты, что может быть обусловлено их тектоническими позициями.

На всех полигонах опробования заметно доминируют черные рудные, представленные магнетитом, ильменитом и частично титаномагнетитом (табл. 2). Повсеместно присутствуют циркон и гранат со следами длительной транспортировки и переотложения.

Пироксены широко распространены в описываемой области, их максимальные и минимальные содержания составляют 39,4 и 2,2 % соответственно. Они представлены преимущественно авгитом, в меньшей степени диопсидом, в единичных знаках

Минералогические ассоциации подиития Менделеева

Статус	Содержание	Легкая фракция							Тяжелая фракция							Постоянно в разрезе			
		Qtz	Kfs	Кислые плагиоклазы	Средние и основные плагиоклазы	Chl	Cal	До	mpx	Hb	Ep-Zo	Grt	Zrn	Ti-стыве	Черн. руд		> 1 %	< 1 %	
KD-12-TO-03g	Сред	81,8	1,6	1,2	0,6	0,4	2,4	2,1	13,9	10,0	5,3	5,9	9,6	3,4	45,4				
	Мин	73,3	0,5	0,0	0,4	0,4	0,5	0,4	3,9	1,9	0,6	2,0	5,2	1,0	25,5				
	Макс	89,7	4,5	2,8	1,0	0,5	17,6	5,9	39,4	24,1	12,4	14,9	18,8	5,0	68,2				
KD-12-00-05g	Сред	43,0	12,1	2,6	1,1	1,0	2,6	24,1	14,5	13,2	12,5	10,8	6,3	7,3	23,3	Sph,	Ac-Tr, bHb,	bHb, Py, Do,	
	Мин	29,9	5,4	0,4	0,4	0,0	0,4	6,0	10,5	5,1	5,1	7,1	3,1	4,5	13,4	Do,	Mz, Ba, Si,	Sp	
	Макс	53,8	17,7	4,9	2,4	2,8	8,5	53,6	21,0	19,0	18,0	16,4	8,1	11,3	37,1	Cl-Ep	Py, Sd, Brt,		
KD-12-03-10c	Сред	46,8	13,3	2,7	1,2	1,7	2,4	13,8	8,5	11,3	14,5	11,1	6,3	11,3	24,4	Sph,	Ac-Tr,		
	Мин	35,8	6,0	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	2,3	3,5	5,6	7,6	2,1	0,4	12,6	Brc,	alcAm, bHB,		
	Макс	60,6	21,5	5,6	3,6	4,1	10,8	36,2	19,7	22,5	25,3	18,4	13,1	20,5	36,0	Do,	Mz, Si, Py,		
KD-12-09-11g	Сред	75,5	3,2	0,6	0,4	0,4	0,8	1,3	10,9	10,7	5,8	10,7	9,2	3,7	44,0	Cl-Ep	Ba,		
	Мин	68,5	0,9	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	2,2	3,4	4,5	7,3	5,8	1,1	38,0		Spl,		
	Макс	88,5	9,8	2,2	0,4	0,4	1,3	2,8	20,5	19,7	7,5	16,6	12,8	5,8	50,4				
KD-12-01-14g	Сред	76,3	4,5	1,3	0,6		1,9	0,8	13,7	13,8	7,0	10,2	8,0	4,3	37,5				
	Мин	72,9	0,7	0,4	0,0	0,6	0,6	0,6	5,8	3,4	3,2	5,7	6,5	3,6	32,9				
	Макс	81,6	7,4	2,3	1,3	4,1	1,1	22,1	20,3	12,5	18,2	9,5	5,1	43,0					

R (0,8-1,6%), Clid (0,6-2,2%), Ap (0,2-1,8%), Th (0,2-1,0%), Bt (0,3-0,9%), Opx (0,2-0,6%), Kfs (0,1-0,3%), St (0,1-0,3%), Cht (0,1-0,3%), Ant (0,1-0,3%), Aeg, Or, An, Glt - ед. зерна

Окончание таблицы 2

Станция	Содержание		Легкая фракция										Тяжелая фракция										Постоянно в разрезе
	Qz	Kfs	Кислые плагноклазы	Средние и основные плагноклазы	Chl	Cal	Do	MPx	Hb	Ep-Zo	Grt	Zrn	Ti-стбы	Черн. руд	> 1 %	< 1 %							
KD-12-01-16g	Сред	68,9	3,8	1,1	0,7	2,3	0,3	8,9	19,4	8,7	7,0	6,7	5,7	36,4			R (0,8-1,6%), Cld (0,6-2,2%), Ap (0,2-1,8%), Tu (0,2-1,0%), Bt (0,3-0,9%), Opx (0,2-0,6%), Ky (0,1-0,3%), St (0,1-0,3%), Chl (0,1-0,3%), Am (0,1-0,3%), Aeg, Or, An, Glt – ед. зерна						
	Мин	51,5	0,3	0,6	0,7	0,3	0,3	6,0	10,7	5,3	5,4	3,7	4,3	24,8									
	Макс	81,2	6,8	1,8	0,7	6,1	0,4	14,6	33,4	11,0	8,7	9,2	6,0	45,3									
KD-12-05-24g	Сред	75,0	4,4	1,3	0,4	2,0	0,7	12,8	9,1	8,3	10,3	9,6	3,8	41,1		alcAm,	R (0,8-1,6%), Cld (0,6-2,2%), Ap (0,2-1,8%), Tu (0,2-1,0%), Bt (0,3-0,9%), Opx (0,2-0,6%), Ky (0,1-0,3%), St (0,1-0,3%), Chl (0,1-0,3%), Am (0,1-0,3%), Aeg, Or, An, Glt – ед. зерна						
	Мин	65,8	1,4	0,0	0,3	0,3	0,3	4,9	3,0	5,9	2,7	5,1	1,5	28,5									
	Макс	84,9	7,6	3,1	0,4	4,9	1,5	24,7	15,8	12,7	22,7	12,7	6,0	52,3									
KD-12-08-28g	Сред	49,3	21,7	2,8	1,1	1,1	10,5	7,2	4,1	10,5	14,1	8,9	5,8	41,4	Sph,	Mz, Brc, Cl-Ep	R (0,8-1,6%), Cld (0,6-2,2%), Ap (0,2-1,8%), Tu (0,2-1,0%), Bt (0,3-0,9%), Opx (0,2-0,6%), Ky (0,1-0,3%), St (0,1-0,3%), Chl (0,1-0,3%), Am (0,1-0,3%), Aeg, Or, An, Glt – ед. зерна						
	Мин	39,6	11,7	1,0	0,6	0,3	1,0	1,4	1,0	5,8	8,1	6,5	3,9	26,1	Do								
	Макс	57,6	37,2	5,0	1,8	2,5	21,9	14,4	10,2	16,5	19,1	11,8	8,8	49,2									

Примечания: 1 – двойной линией показаны границы кластеров, выделенных по различию MA; 2 – буквенные обозначения минералов приведены согласно [Методическое..., 2009].

повсеместно встречаются ортопироксены и совсем редко эгирин. Зерна пироксенов призматические, угловатые, нередко с зазубренными краями.

Амфиболы, представленные преимущественно роговой обманкой, присутствуют повсеместно в виде призматических, угловатых, реже угловато-окатанных зерен, иногда с зазубренными краями, их среднее содержание обычно колеблется от 4 до 14 %.

Минералы  $\text{Er-Zo}$  присутствуют повсеместно в виде угловатых и угловато-окатанных, нередко сильнотрещиноватых зерен, бесцветных, фисташково-зеленых, содержащих массу рудных, а также газовой-жидких включений. Наиболее высокое содержание отмечается на станциях KD12-00-05g и KD12-03-10c. Здесь же в единичных знаках встречена  $\text{bHb}$ , что в ассоциации с баритом может указывать на эксгалиационно-гидротермальный, контактовый метаморфизм.

ЮМ-кластер выделяется повышенными содержаниями титанистых минералов,  $\text{Er-Zo}$ , пониженными содержаниями черных рудных, а также присутствием в разрезе  $\text{Act-Tr}$ ,  $\text{bHb}$ , доломита, сфена, сидерита, барита,  $\text{Chl-Er}$ . Также здесь по всему разрезу в единичных знаках встречен монацит – редкоземельный минерал кислых интрузий, а также брукит – минерал двуокиси титана, развивающийся при эксгалиационно-гидротермальных процессах по рутилу и анатазу.

Еще более заметными различия  $\text{MA}$  по кластерам на поднятии Менделеева становятся при анализе минералов легкой фракции (табл. 2). Так, различия между ЮМ- и СМ-кластерами наиболее четко прослежены по изменению средних содержаний кварца (43–46 % для ЮМ и >68 % для СМ), калиевых полевых шпатов ( $\text{Kfs}$ ) (12,5 % для ЮМ и 3–4 % для СМ), а также кальцита и  $\text{Dol}$ .

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами результаты были сопоставлены как с опубликованными [Андреева и др., 2001, Белов, Лапина, 1961], так и с фондовыми работами НИИГА [Куликова, 1963; Семенова и др., 1961, 1967] по смежным шельфовым акваториям.

Было установлено, что области с высоким (>30 %) содержанием неустойчивых к переносу  $\text{Amf}$  и  $\text{Px}$  имеют весьма ограниченные латеральные размеры и отчетливо тяготеют к коренным источникам или к локальным зонам вторичного обогащения (рис. 2а). На удалении в 100–200 км от коренных источников содержание  $\text{Px}$  уменьшается до 15–20 %, а на расстоянии 300–500 км быстро падает до уровня фоновых для шельфа значений около 10 %. При этом содержания устойчивых минералов ( $\text{Grt}$  и  $\text{Zrn}$ ) достаточно стабильны на обширных площадях Арктических шельфов [Андреева и др., 2001, Белов, Лапина, 1961; фондовые материалы [Куликова, 1963; Семенова и др., 1961, 1967]. В Карском море локальные ореолы с высоким содержанием  $\text{Px}$  располагаются в непосредственной близости от коренных источников – на архипелаге ЗФИ, а также в Енисейском, Пясинском заливах и заливе Нижней Таймыры. Повышенные (20–30 %) содержания  $\text{Px}$  фиксируются в узкой полосе выноса вод этих рек в сторону желоба Воронина.

Характер распределения граната в Карском море приведен на рис. 2б. Из этого рисунка следует, что его распределение более равномерно. Локальные максимумы концентрации  $\text{Grt}$  сосредоточены на островных отмелях и могут быть объяснены разгрузкой материала ледового разноса на дно при торошении и разрушении здесь морского льда. В Восточно-Сибирском и Чукотском морях [Фондовые материалы НИИГА Семенов и др., 1961] высокие содержания  $\text{Px}$  наблюдаются в нескольких локальных областях к северу от о. Айон, вокруг банки Геральда и к востоку от о. Вран-



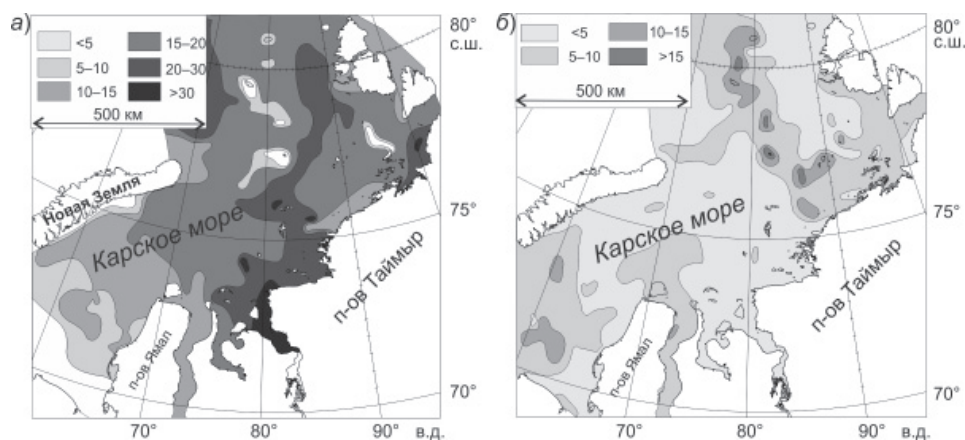


Рис. 2. Схемы распределения  $P_x$  (а) и  $G_{тп}$  (б) в Карском море [Куликов, 1963]. Области высоких ( $> 30\%$ ) концентраций  $P_x$  контролируются близостью коренных источников. Повышенные концентрации  $G_{тп}$  на мелководьях северо-востока Карского моря могут быть объяснены здесь разрушением ледовых массивов при их торошении.

геля, при этом содержания более  $30\%$  фиксируются лишь на небольшом участке в центральной части банки Геральда.

Следовательно, осадки, характеризующиеся заметным преобладанием в составе ТФ неустойчивых минералов, формируются при размыве близкорасположенных коренных источников. И наоборот, преобладание, хотя бы и незначительное, в составе ТФ космополитичных циркона и граната характерно для осадков, сформированных за счет дальнего переноса. Таким образом, известные кривые изменения содержания IRD (*Ice rafted debris*) в большинстве арктических колонок действительно могут быть обусловлены изменением ледовой/айсберговой транспортировки обломков в глубоководный бассейн. Однако наряду с этим в определенных станциях присутствует весомая часть эдафогенного материала.

Подобные выводы хорошо согласуются с фактическим материалом, приведенным в работе, посвященной анализу минеральных ассоциаций верхних 300 м разреза [Krylov et al., 2008] скважины ACEX-302 (рис. 3) [Moran et al., 2006; Backman et al., 2008], пройденной на плосковершинной поверхности хребта Ломоносова на  $88^\circ$  с.ш. Верхняя (0–198 м) часть разреза сложена здесь конформной толщей синокеанических осадков, облегающих неровности субстрата. В этой части разреза очевидно преобладание материала ледового разноса, о чем говорит анализ минеральных ассоциаций:  $G_{тп}$  и  $Z_{тп}$  преобладают над  $S_{рх}$ . Ниже по разрезу ситуация меняется. На глубине 198 м по разрезу предполагается наличие длительного перерыва в осадконакоплении [Backmann et al., 2008]. Здесь на контакте сейсмических комплексов LR-4 и LR-5 [Jokat, 2005] наблюдаются следы регионального эрозионного события. Именно в этом интервале наблюдается резкий скачок содержания клинопироксенов до  $30\text{--}40\%$ , сопоставляемый нами с перемывом рыхлой части разреза и вторичным обогащением ТФ этими минералами. В интервале 223,6–313,6 м характерно существование прибрежно-морских условий с периодами распреснения и обмеления бассейна [Brinkhui et al., 2006]. Таким образом, увеличение содержания клинопироксенов вниз по разрезу может быть объяснено, по нашему мнению, усилением влияния локальных материковых и прибрежных источников сноса.

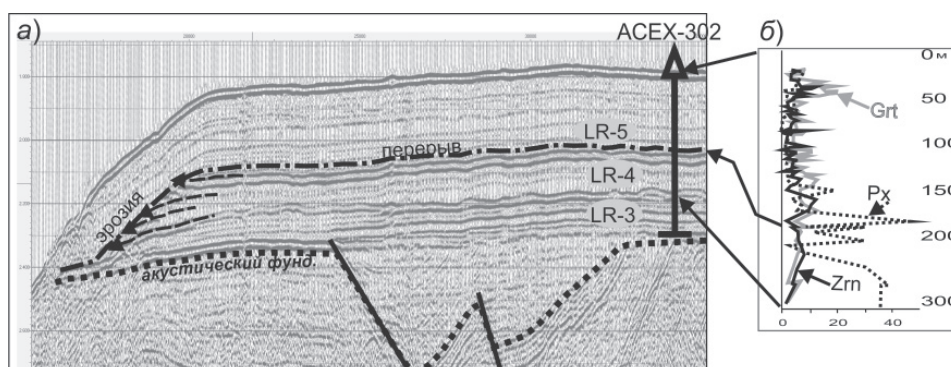


Рис. 3. Фрагмент сейсмического профиля AWI-91090 [Jokat, 2005], проходящий через скважину АСЕХ-302 (а), и кривые содержания минералов ТФ (Grt – светло-серая, Zrn – темно-серая, Pх – пунктир) по скважине АСЕХ-302 [по Krylov et al., 2008].

Примечательно, что содержание таких устойчивых минералов, как Grt, Zrn апатит, биотит, турмалин, вдоль всего разреза скважины колеблется в весьма незначительных пределах (рис. 3), в среднем от 1–5 до 10 (редко до 15 %) [Krylov et al., 2008]. Экстраполируя эти данные на описываемые в настоящей статье районы, можно констатировать, что высокие содержания Pх (до 48 %) и Amf (до 56 %) в донных осадках хребта Ломоносова и поднятия Менделеева также следует связывать с размывом близкорасположенных коренных источников, а не с транспортировкой дрейфующими льдами или айсбергами.

Весьма важной, по нашему мнению, является выдержанность основных особенностей МА вниз по разрезу большинства колонок. Применение метода избыточного  $^{230}\text{Th}$  датирования на поднятии Менделеева [Гусев и др., 2013; Not et al., 2010] свидетельствует о низких (0,11–0,437 см/1000 лет) скоростях осадконакопления в верхних 50 см разреза. Таким образом, учитывая расчетные скорости осадконакопления для региона, можно утверждать, что источники сноса в каждой точке опробования были стабильны в течение, как минимум, последних 500–700 тыс. лет, а возможно, и более длительного периода. Очевидно, что установленные закономерные различия МА станций должны быть обусловлены не влиянием ледового и/или айсбергового разноса, а размывом местных источников.

Установлено важное значение тектонических нарушений при формировании минеральных ассоциаций района. Во-первых, тектоническими нарушениями обусловлены наиболее крутые эскарпы в области ЦАП. Крутизна некоторых склонов на хребте Ломоносова достигает  $40^\circ$ , а на локальных участках поднятия Менделеева были визуально зафиксированы уступы крутизной до  $70^\circ$  [Гусев и др., в печати]. Очевидно, что в них обнажаются литифицированные породы акустического фундамента, являющиеся местными источниками обломочного материала. Сейсмические данные показывают, что некоторые тектонические нарушения проникают в толщу новейших отложений, формируя современную морфоструктуру [Рекант и др., 2012а], и, значит, они являются неотектоническими. Во-вторых, установлено, что различия МА на уровне кластеров станций контролируются каркасом глубинных тектонических нарушений, разделяющих блоки земной коры с различным строением фундамента. Система таких нарушений на хребте Ломоносова и на поднятии Менделеева уста-

новлена по ряду геолого-геофизических данных [Рекант и др., 2011; Морозов и др., 2013]. Например, граница, разделяющая здесь южный и северный кластеры станций, совпадает с глубинным сбросом СЗ-ЮВ направления (рис. 1). На этой границе происходит смена направлений тектонических нарушений: с северо-восточных к северу от нее к субмеридиональным и северо-западным на юге. На основании вышеизложенного следует сделать вывод о том, что в районах крутых эскарпов тектоническая дезинтеграция пород может являться ведущим механизмом подводного разрушения коренных пород.

В настоящее время как в западной, так и в отечественной литературе доминирует мнение о дрейфовом генезисе ДКМ Центральной Арктики. Различия состава обломков на поднятиях обычно объясняются их различными источниками. В большинстве статей, посвященных транспортировке терригенного материала льдами, приводятся лишь мелкомасштабные схемы течений [Лисицын, 1994; Lisicyn, 2002; Krylov et al., 2008; Кодина и др., 2000]. И, исходя из этого, постулируется, что терригенный материал на поднятие Менделеева преимущественно поставляется с Канадского архипелага посредством Бофортовского течения (БТ), а на хребте Ломоносова с архипелага Северная Земля восточной ветвью Трансполярного течения (ТТ) (рис. 4). И действительно, визуально в составе обломков на поднятии Менделеева присутствуют доломиты, сходные с доломитами Канадского архипелага, а на хребте Ломоносова – метаморфиты и доломиты, сходные с образованиями арх. Северная Земля и п-ова Таймыр.

Вместе с тем выполненный нами экспресс-анализ треков дрейфующих станций «Северный полюс» за последние 70 лет (тонкие серые линии на рис. 4; по [Frolov et al., 2005]) показывает, что современный перенос льда осуществляется по несколько отличным от вышеупомянутых схем траекториям. Действительно, Бофортовское течение (см. БТ' на рис. 4), проходя мимо шельфа Аляски, охватывает затем шельф ВСМ, однако далее оно проходит как над поднятием Менделеева, так и над хребтом Ломоносова. Восточная же ветвь Трансполярного течения (см. ТТ' на рис. 4) про-

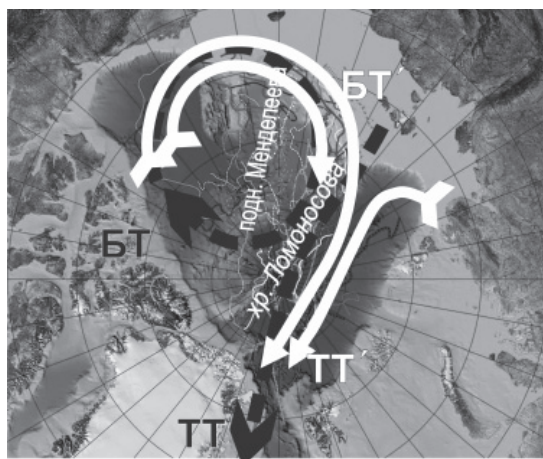


Рис. 4. Схема арктических течений. Черные пунктирные линии показывают генерализованные направления Бофортовского течения (БТ) и трансполярного течения (ТТ) по <http://www.ccin.ca/home/ccw/seaice/motion> [АМАР, 1998]. Белые стрелки (БТ' и ТТ') маркируют их фактическое положение, исходя из анализа дрейфа станций «Северный полюс» от СП-1 до СП-33 [по Frolov et al., 2005] (тонкие фоновые линии).

ходит заметно западнее и не может поставлять терригенный материал с Северной Земли и Таймыра на хребет Ломоносова. Вероятно, современный ледовый разнос не может быть причиной региональной дифференциации МА в приповерхностном слое осадков этих двух структур, а принимая во внимание устойчивость минеральных ассоциаций по разрезу большинства колонок, то и на более глубоких горизонтах рыхлого осадочного разреза. Еще менее вероятно, что ледовым разносом обусловлены субрегиональные различия минеральных ассоциаций между разными точками в пределах каждой структуры. Очевидно, что как региональные, так и субрегиональные различия минеральных ассоциаций на поднятии Менделеева и хребте Ломоносова обусловлены различиями геологического строения размываемых местных источников.

О существовании различных источников минералов ТФ на поднятии Менделеева, хребте Ломоносова, а также смежных шельфах говорят различия их морфологических признаков, приведенные в табл. 3. Неустойчивые минералы смежных областей характеризуются разной степенью окатанности, различной морфологией зерен, а также принципиально различными включениями и примесями. Например, в ВСМ, ЧМ и Карском морях преобладают окатанные (реже угловато-окатанные) зерна пироксенов и амфиболов, в то время как в области ЦАП нами обнаружены преимуще-

Таблица 3

**Морфологические особенности минералов ТФ по регионам**

Характеристики минералов		Восточно-Сибирское и Чукотское моря	Поднятие Менделеева	Хребет Ломоносова	Карское море
Px	Содержание	5,2–33 %	1,4–39,4 %	0,5–48,3 %	0,2–43,8 %
	Окатанность*	4	1	1	2
Amf	Цвет	Светло-бурый, зеленовато-бурый	Бледно-коричневый, бледно-зеленый	Дымчатый, бледно-зеленый	Бесцветный, дымчатый
	Содержание	0,2–32 %	1,0–33,4 %	3,5–56,5 %	0,8–18,5 %
Ep-Zo	Окатанность*	2–3	1–2	1–3	2–3
	Цвет	Зеленый, бурый	Зеленый	Зеленый	Зеленый, бурый
Grt	Содержание	1,9–43,0 %	0,6–25,3 %	2,4–26,0 %	6,8–30,2 %
	Окатанность*	4 (реже 2)	1–2	1–2	2
Zrn	Цвет	Светло-желтый, фисташковый, буро-коричневый	Бесцветный, фисташковый	Бесцветный, фисташковый, редко желтый	Зеленый, бесцветный
	Содержание	0,8–13,0 %	2,0–19,1 %	1,2–21,9 %	1,1–24,1
Zrn	Окатанность*	4 (реже 2)	1–2 (реже 0)	1–2 (реже 0)	2
	Цвет	Светло-розовый, желтый, зеленый, бесцветный	Бесцветный, розовый	Бесцветный, розовый, желтый	Розовато-желтый, бесцветный
Zrn	Содержание	0,2–10,0 %	2,1–18,8 %	1,5–14,6 %	0,8–11,0
	Окатанность*	4 (реже 2)	1	1–2 (реже 4)	н/д
Zrn	Цвет	Бесцветный, желтоватый,	Бесцветный, розоватый	Бесцветный, желтоватый, розоватый	н/д

Примечания: \* – 0 – неокатанные, 1 – угловатые, 2 – угловато-окатанные, 3 – окатанные, 4 – хорошо окатанные. Буквенные обозначения минералов приведены согласно [Методическое..., 2009].

шественно угловатые и неокатанные зерна. В меньшей степени подобные различия заметны в морфологии устойчивых минералов.

Обобщая вышесказанное, можно уверенно констатировать, что минеральный состав рыхлых отложений в непосредственной близости от крутых эскарпов морского дна в большей мере зависит от состава местных коренных источников и лишь в меньшей от ледового и/или айсбергового разноса. Для участков морского дна, располагающихся вдали от подводных обнажений коренных пород, соотношение, вероятно, является обратным. Следовательно, выполненный анализ МА рыхлых отложений на поднятии Менделеева и хребте Ломоносова позволяет если не восстановить в полной мере, то, по крайней мере, очертить общие закономерности геологического строения коренных пород, слагающих акустический фундамент этих структур.

Приведенный выше анализ МА рыхлых отложений прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова указывает на возможность развития здесь пород низких и средних степеней регионального метаморфизма. Высокие концентрации неустойчивых к переносу и химическому выветриванию амфиболов могут указывать на непосредственную близость коренных источников – амфиболсодержащих пород. В ЮЛ-кластере возможно наличие магматических образований основного и/или ультраосновного состава. Присутствие в ТФ на станциях ALR07-25с и ALR07-26с оливина, достаточно редкого и весьма неустойчивого минерала, позволяет предположить здесь наличие оливинсодержащих пород (оливиновые базальты). Выводы о присутствии здесь базитов, в целом не характерных для этой структуры образований, косвенно подтверждается наличием нескольких локальных аномалий магнитного поля в южной части хребта Ломоносова. Сходные выводы о строении пород акустического фундамента были получены нами ранее на основании изучения мелких обломков горных пород, поднятых драгированием западного склона отрога Геофизиков [Рекант и др., 2012]. Здесь определены обломки кристаллических сланцев, кварцитов, амфиболитов, базальтов, филлитов, кварц-серицитовых, хлорит-серицитовых и биотитовых сланцев и других пород.

Таким образом, разрез пород акустического фундамента хребта Ломоносова может быть в общих чертах скоррелирован с геологическим разрезом Таймыро-Северо-Земельской области.

Минеральные ассоциации поднятия Менделеева характеризуется принципиально иным составом: здесь стабильно доминируют минералы группы черных рудных, а в распределении минералов, слабоустойчивых к переносу, наблюдается весьма значительная изменчивость по площади при стабильном содержании по разрезу. ЮМ-кластер, по-видимому, характеризуется наиболее сложным и многокомпонентным строением геологического разреза, о чем говорит сложность состава его МА. Он заметно различается от СМ-кластера по большинству компонентов как тяжелой, так и легкой фракции (табл. 2). Судя по высоким содержаниям доломита, а также несколько повышенным кальцита (табл. 2), в эскарпах здесь следует ожидать обнажения карбонатных пород нижних горизонтов чехла, аналогичных карбонатам нижнеэлсмирского комплекса Аляски. Интересно заметить, что в рыхлых осадках смежных морей доломит отсутствует вовсе, а кальцит в незначительных количествах обнаруживается только в Чукотском море.

Заметные концентрации здесь клино- и ортопироксенов (табл. 2) говорят о присутствии в разрезе базитов, что подтверждается результатами буровых работ на

поднятии Менделеева, вскрывших раннемеловые базальты [Морозов и др., 2013], а также наличием ряда локализованных аномалий магнитного поля.

Совокупность высоких содержаний калиевых полевых шпатов и минимальных на всем поднятии Менделеева содержаний кварца (табл. 2) может говорить о наличии в разрезе аркозовых песчаников и/или гранитов. На последнее обстоятельство также указывает присутствие здесь монацита и ортита – редких минералов кислых интрузий, а также мусковита и биотита.

Кроме того, на ЮМ-кластере имеются свидетельства проявлений контактово-гидротермальной активности. Драгированием на станции KD12-03-09d поднято около 500 кг железо-марганцевых образований, вероятно, гидротермального генезиса [Г.Н.Новиков, устное сообщение]. Здесь же встречены максимальные содержания минералов контактово-гидротермального генезиса: гр. актинолита-тремолита, эпидота-цоизита, турмалин, сфен, рутил, анотаз, брукит.

Минеральные ассоциации СМ-кластера характеризуются максимальными содержаниями кварца в легкой фракции (до 88,5 %) при заметно пониженном содержании полевых шпатов и плагиоклазов (табл. 2). Минеральные ассоциации, характерные для магматических пород и продуктов их выветривания, здесь проявлены весьма ограничено. На большинстве же станций в ТФ присутствуют лишь общие – фоновые для региона – минералы (табл. 2). Скорее всего, здесь в тектонических эскарпах обнажается комплекс осадочных и слабо метаморфизованных пород, формирующий терригенно-карбонатный осадочный чехол древней платформы.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлены различия минеральных ассоциаций рыхлых отложений на поднятии Менделеева и хребте Ломоносова. Различия прослеживаются по содержанию неустойчивых (в т.ч. породообразующих) минералов, а также по составу ассоциаций акцессорных минералов. Кроме того устойчивые по разрезу различия МА выявлены на уровне кластеров станций. Учитывая расчетные скорости осадконакопления, можно утверждать, что источники сноса для каждой точки опробования были стабильны в течение, как минимум, последних 500–700 тыс. лет, а вероятно, и более длительного периода.

2. Предполагается, что осадки, характеризующиеся преобладанием в составе ТФ неустойчивых минералов, формируются при размыве близкорасположенных коренных источников. Преобладание в составе ТФ космополитичных циркона и граната характерно для осадков, сформированных за счет дальнего переноса.

3. Принципиальные различия морфологических признаков минералов ТФ говорят о различных источниках сноса при формировании МА рыхлых отложений на поднятии Менделеева, хребте Ломоносова, шельфах ВСМ и ЧМ.

4. Для станций донного пробоотбора, расположенных вблизи крутых тектонически обусловленных эскарпов на поднятии Менделеева и хребте Ломоносова, влияние ледового (и айсбергового) разноса на формирование МА рыхлых отложений не является определяющим. В составе осадков здесь присутствует значительный объем продуктов размыва местных коренных источников.

5. Границы кластеров, различающихся составом МА, совпадают с глубинными разломами, омоложенными на неотектоническом этапе. Основным механизмом разрушения коренных пород, выходящих к поверхности морского дна в подводных эскарпах, предлагается считать тектоно-декливиальный, при котором дезинтеграция коренного ложа происходит в результате тектонической активности с последующей

переработкой и переносом материала гравитационными, преимущественно грубо-обломочными потоками.

6. Анализ МА рыхлых отложений позволяет очертить основные закономерности геологического строения коренных пород. Для хребта Ломоносова предполагается наличие толщ низко- и среднеметаморфизованных пород с магматическими образованиями основного и/или ультраосновного состава. На поднятии Менделеева ожидаются преимущественно осадочные толщи (карбонаты и песчаники), характерные для стабильных обстановок чехла платформы. В пределах ЮМ-кластера по ряду признаков предполагается наличие основных и ультраосновных, реже щелочных и кислых интрузий, а также пород контактово-гидротермального генезиса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Андреева И.А., Волкова Ю.В., Смирнова Л.С., Мирлюбова Е.С.* Минералогические особенности верхнечетвертичных отложений Центральной и Северной фациальных зон Баренцевоморского шельфа // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Кн. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 58–62.

*Белов Н.А., Латина Н.Н.* Донные отложения Арктического бассейна. Л.: Морской транспорт, 1961. 149 с.

*Гусев Е.А., Лукашенко Р.В., Попко А.О., Рекант П.В., Пяткова М.Н.* Новые данные о строении склонов подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Доклады Академии наук. Геология (в печати).

*Гусев Е.А., Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Басов В.А., Новихина Е.С., Куприянова Н.В., Левченко С.Б., Жеребцов И.Е.* Стратиграфия донных осадков поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Доклады Академии наук. 2013. Т. 450. № 5. С. 573–578.

*Деменицкая Р.М., Киселев Ю.Г.* Особенности строения, морфологии осадочного чехла центральной части хребта Ломоносова по сейсмическим исследованиям: Геофизические методы разведки в Арктике. Л.: НИИГА, 1968. Вып. 5. С. 33–46.

*Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н.* О происхождении донных осадков, поднятых на геотраверзе «Арктика-2000» в Северном Ледовитом океане (район поднятия Менделеева) // Доклады Академии наук. 2004. Т. 399. № 2. С. 224–226.

*Кодина Л.А., Люцарев С.В., Богачева М.П.* Источники осадочного вещества дрейфующего льда Арктического бассейна по данным изотопного анализа органического углерода ледовой взвеси // Доклады Академии наук, 2000. Т. 371. № 4. С. 511–515.

*Латина Н.Н.* Выбор стандартной фракции для изучения минерального состава рыхлых осадочных пород. Л.: НИИГА, 1975. 9 с.

*Лисицын А.П.* Ледовая седиментация. М.: Наука, 1994. 450 с.

Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третьего поколения). СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 288 с. + графич. прил. 49 л. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ»).

*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.

*Поселов В.А., Буценко В.В., Каминский В.Д., Саккулина Т.С.* Поднятие Менделеева (Северный Ледовитый океан) как геологическое продолжение континентальной окраины Восточной Сибири // Доклады Академии наук. 2012. Т. 443. № 2. С. 232–235.

*Рекант П.В., Пяткова М.Н., Николаев И.Д., Талденкова Е.Е.* Донно-каменный материал отрога Геофизиков как петротип фундамента южной части хребта Ломоносова (Северный Ледовитый

- океан). Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. Специальный выпуск. Геология и полезные ископаемые окраинных морей Евразии. М.: ГЕОС, 2012. С. 29–40.
- Рекант П.В., Гусев Е.А., Черных А.А., Зинченко А.Г. и др.* Геологическая карта. Масштаб 1: 1 000 000. Серия Океанская. Лист U- 53–56 – хр. Ломоносова. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 66 с.
- Рекант П.В., Гусев Е.А.* Сейсмогеологическая модель строения осадочного чехла прилаптево-морской части хребта Ломоносова и прилегающих глубоководных котловин Амундсена и Подводников // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 11. С. 1497–1512.
- AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. XII. 859 p.
- Backman J., Jakobsson M., Frank M. et al.* Age model and core-seismic integration for the Cenozoic Arctic Coring Expedition sediments from the Lomonosov Ridge // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. P. 1–15. doi: 10.1029/2007PA001476.
- Brinkhuis H. et al.* Episodic fresh surface waters in the Eocene Arctic Ocean // *Nature*. 2006. Vol. 441. P. 606–609.
- Database for ECS Dredge Samples at NOAA/NGDC (в реконструкции)
- Frolov I.E., Gudkovich Z.M., Radionov V.F., Shirochov A.V., Timokhov L.A.* The Arctic Basin. Results from Russian Drifting Stations. Berlin, Heidelberg, New-York: Springer-Verlag, 2005. 276 p.
- Grantz A., Clarck D.L., Phillips R.L. et al.* Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin // *JSA Bulletin*. 1998. Vol. 110. № 6. P. 810–820.
- Jackson R.H., Forsyth D.A., Johnson L.G.* Oceanic affinities of the Alpha Ridge, Arctic Ocean // *Marine Geology*. 1986. Vol. 73. P. 237–261.
- Jokat W.* The sedimentary structure of the Lomonosov Ridge between 88° N and 80° N. // *Geophysical Journal Int.* 2005. Vol. 163. P. 698–726.
- Krylov A.A., Andreeva I.A., Vogt C., Backman J., Krupskaya V.V., Grikurov G.E., Moran K., Shoji H.* A shift in heavy and clay mineral provenance indicates a middle Miocene onset of a perennial sea ice cover in the Arctic Ocean // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. PA1S06, doi:10.1029/2007PA001497.
- Langinen A.E., Gee D.G., Lebedeva-Ivanova N.N., Zamansky Y.Y.* Correlations between the Lomonosov Ridge, Marvin Spur and adjacent basins of the Arctic Ocean based on seismic data // *Tectonophysics*. 2008. doi:10.1016/j.tecto.2008.05.029.
- Lisicyn A.P.* Sea ice and iceberg sedimentation in the ocean: recent and past. Berlin; Heidelberg; New York; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo: Springer, 2002. 563 p.
- Moran K., Backman J., Brinkhuis H., Clemens S.C. et al.* The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // *Nature*, London, U.K. 2006. Vol. 441 (7093). P. 601–605.
- Not C., Hillaire-Marcel C.* Time constraints from <sup>230</sup>Th and <sup>231</sup>Pa data in late Quaternary, low sedimentation rate sequences from the Arctic Ocean: an example from the northern Mendeleev Ridge // *Quaternary Science Reviews*. 2010. Vol. 29. P. 3665–3675.

*P.V.REKANT, E.S.MIROLUBOVA, I.A.ANDREEVA, L.S.SMIRNOVA*

## **MINERALOGY OF THE BOTTOM SEDIMENT FROM LOMONOSOV RIDGE AND MENDELEEV RISE AS A POSSIBLE PROXY TO EVALUATION OF THE SOURCE ROCK**

*Study of the mineralogical assemblages of the bottom sediments from 15 stations located nearby the bedrock outcrops on the Lomonosov Ridge and Mendeleev Rise done. Based on this regional*



*diversity of the mineral assemblages of the Lomonosov Ridge and Mendeleev Rise revealed. In addition, the sub-regional spatial clusters differ by mineral assemblages, have been outlined within both structures. The limits of the clusters coincide with main tectonic boundaries. For those stations the ice rafted debris is not predominant in the deposits. Beside this in the sediments significant amount of the edaphogenetic debris occurs. The results allowed us to perform an assessment of the original bed rock rocks composition.*

*Keywords:* mineralogical assemblages, Lomonosov Ridge, Mendeleev Rise, edafogenic deposits, ice rafted debris.