

УДК 551.1/4

КАМЕННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ДНЕ ПОЛЯРНЫХ МОРЕЙ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СОСТАВ, ГЕНЕЗИС

© 2020 г. Г. С. Харин¹, *, Д. В. Ерошенко¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: kharings@mail.ru

Поступила в редакцию 27.12.2019 г.

После доработки 21.01.2020 г.

Принята к публикации 08.04.2020 г.

Обобщены результаты исследований каменного материала, полученного в экспедициях Института океанологии РАН путем промывания на ситах донных четвертичных осадков полярных морей Арктики, Северной Атлантики и Антарктики. Составлены карты количественного распространения этого материала по акваториям и циклограммы петрографического состава для различных участков. Выявлено большое разнообразие петрографических типов горных пород, обусловленное их приносом ледниками, айсбергами и льдом из центров оледенения на континентах и островах при их экзарации ледниками. По составу каменного материала выделены петрографические провинции и определены источники. Большое значение при этом уделялось поиску горных пород-маркеров, позволяющих проводить корреляцию каменного материала морей с их наземными источниками.

Ключевые слова: донный каменный материал, ледовый разнос, ледниковая экзарация, петрография, песчаники, гнейсы, граниты, породы-индикаторы

DOI: 10.31857/S0030157420050093

ВВЕДЕНИЕ

К полярным относятся моря, значительная часть которых расположена в полярных зонах обоих полушарий: в Арктике – севернее, а в Антарктике – южнее полярного круга (66°33' с.ш.). Больше всего полярных морей в Северном Ледовитом океане. Они находятся, иногда полностью, на континентальных окраинах и шельфах Евразии и Северной Америки, примыкая к современным и древним центрам оледенения. К востоку от Гренландии здесь расположены следующие полярные моря: Гренландское, Норвежское, Баренцево, Карское, море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Берингово. Большею частью эти моря мелководные (глубина менее 500 м). Некоторые моря (Гренландское, Норвежское и др.) имеют спрединговое происхождение. К Антарктиде примыкают полярные моря Росса, Амундсена, Беллинсгаузена, Уэдделла.

Для морей Арктики и Антарктики характерно широкое развитие ледового седиментогенеза [20]. Здесь значительную роль имела поставка каменного материала льдами и айсбергами из центров оледенения не только на дно полярных морей, но и в глубоководные области Северного Ледовитого, Атлантического, Тихого и Индийского океанов, удаленные от центров оледенения на тысячи километров.

Наши и другие данные [20, 28] свидетельствуют о том, что при ледовом разнесе донный каменный материал (ДКМ) полярных морей содержит обломки горных пород, принесенные с континентов. Если не учитывать это обстоятельство, а считать их местными, коренными, то последующие палеорекострукции приведут к ошибочным геологическим заключениям. А это, в свою очередь, вызовет неверные представления о правовой принадлежности участков дна с континентальным каменным обломочным материалом к тому или иному государству. Учитывая то, что полярные моря содержат много таких участков, а их границы точно не определены и не обозначены на дне моря, нетрудно себе представить, какие разногласия могут возникнуть между разными государствами по правам их обладания. Выход из данной ситуации может быть найден не только в детальном изучении обломочного материала, но, и в ряде случаев, в проведении геофизических исследований и буровых работ с отбором керна и изучением состава горных пород.

ДКМ большинства перечисленных выше полярных морей изучен слабо. Наиболее изучен он в Баренцевом, Карском, Норвежском, Гренландском морях Арктики. Хотя и там этот материал изучался попутно, при проведении исследований горных пород океанического фундамента.

Большое значение ДКМ имеет при решении вопросов об источниках терригенных обломков, при выявлении динамики ледникового покрова и участков экзарации как в центрах оледенения, так и на путях транспортировки льда. Возникает необходимость рассмотрения ДКМ наиболее изученных полярных морей. Это в свою очередь даст возможность судить о масштабах ледовой седиментации и решить ряд геологических проблем, в том числе связанных с размещением месторождений полезных ископаемых.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Институт океанологии РАН и его Атлантическое отделение давно (с 50-х гг. прошлого века) изучают каменный материал со дна полярных морей (Норвежского, Гренландского, Баренцева), Северной Атлантики, Тихого океана, а также Балтийского моря.

Цель данной работы – выявить особенности распределения, состава и генезиса каменного материала в разных полярных морях и определить возможность его использования для геологического картирования и выяснения деталей движения ледовых покровов. Статья базируется на материале, полученном в советских, российских и международных экспедициях Института океанологии в период с 1956 по 2018 гг.

Методика сбора каменного материала в ранние годы наших работ заключалась в проведении драгирований и тралений, недостатком которых является отсутствие возможности количественного учета распределения его количества на дне моря. Более совершенный способ, применяемый сейчас, заключается в отборе проб осадков трубой большого диаметра и дночерпателями и последующей промывке дозированной дозы осадка (обычно 10 л) на ситах. Полученные при этом размерные фракции каменного материала фотографируются, взвешиваются и изучаются раздельно. Это более трудоемкий способ изучения, но зато он дает возможность количественной оценки распределения каменного материала в изученном регионе и более надежной привязки его к источнику. Наряду с оригинальными данными для этих целей использовались и публикации в отечественных и зарубежных изданиях. Наиболее полные данные и обобщения ДКМ в осадках океана приведены А.П. Лисицыным в его статьях и в монографии “Ледовая седиментация в Мировом океане” [20, 41].

МОРЕ УЭДДЕЛЛА (ПРИАНТАРКТИКА)

В море Уэдделла на материковом склоне Антарктиды, в центральной котловине и на шельфовом склоне Оркнейских островов в 5 скважинах глубоководного бурения (скважины 692–696) по

программе 113-го рейса НИС “JOIDES Resolution” был отобран валунно-галечный материал ледового разноса, приуроченный к осадочным горизонтам олигоцена, миоцена, плиоцена и четвертичного периода [36] (см. рис. 1). Этот материал маркирует горизонты как древних олигоцен-миоценовых оледенений, приведших к формированию покровных ледников Антарктиды, так и плиоцен-современных.

ДКМ олигоцен-среднемиоценового возраста вскрыт в осадках восточного материкового склона Антарктиды (скважины 692–693) и в центральной котловине (скв. 694). Он представлен преимущественно вулканическими и магматическими породами (базальтами, гранитами, диабазами), а также единичными обломками песчаников и биотитовых сланцев.

Ареал распространения ДКМ позднего миоцена более обширен и захватывает все три исследованных участка моря Уэдделла. Он характеризуется доминированием осадочных пород над магматическими и представлен в основном роговиками, амфиболит-биотитовыми гнейсами, биотит-гранатовыми сланцами и песчаниками. Этот материал маркирует снос с континента в период развития максимального антарктического оледенения.

ДКМ в осадках плиоцен-четвертичного возраста приурочен в основном к скважинам склона Оркнейских островов (скв. 696) и материкового склона антарктического континента (скв. 693). Основная часть ДКМ скважин 695–696 представлена магматическими и вулканическими породами (базальты, андезиты, граниты), которые приурочены к локальным источникам (вулканы Оркнейских островов). Обломки пироксен-амфиболитового гнейса в скважинах 693–694 указывают на айсберговый разнос с Антарктиды.

СЕВЕРНАЯ АТЛАНТИКА И НОРВЕЖСКО-ГРЕНЛАНДСКИЙ БАССЕЙН

Данные по распределению ДКМ ($\text{кг}/\text{м}^3$), его составу и генезису в четвертичных осадках Атлантического океана представлены А.В. Солдатовым с группой исследователей [28] (рис. 1). На этой схеме ясно выделяются полярные моря Арктики и Антарктики с обилием каменного материала и его разнообразным составом. В Норвежском и Гренландском морях осадки на участках дна, примыкающих к Гренландии и Скандинавии, содержат более 100 $\text{кг}/\text{м}^3$ каменного материала ледового разноса, принесенных в основном айсбергами. По данным глубоководного бурения нами выявлено, что этот материал начал накапливаться в осадках с возрастом до 3.5–4.5 млн лет [30]. Следовательно, формирование центров оледенения и

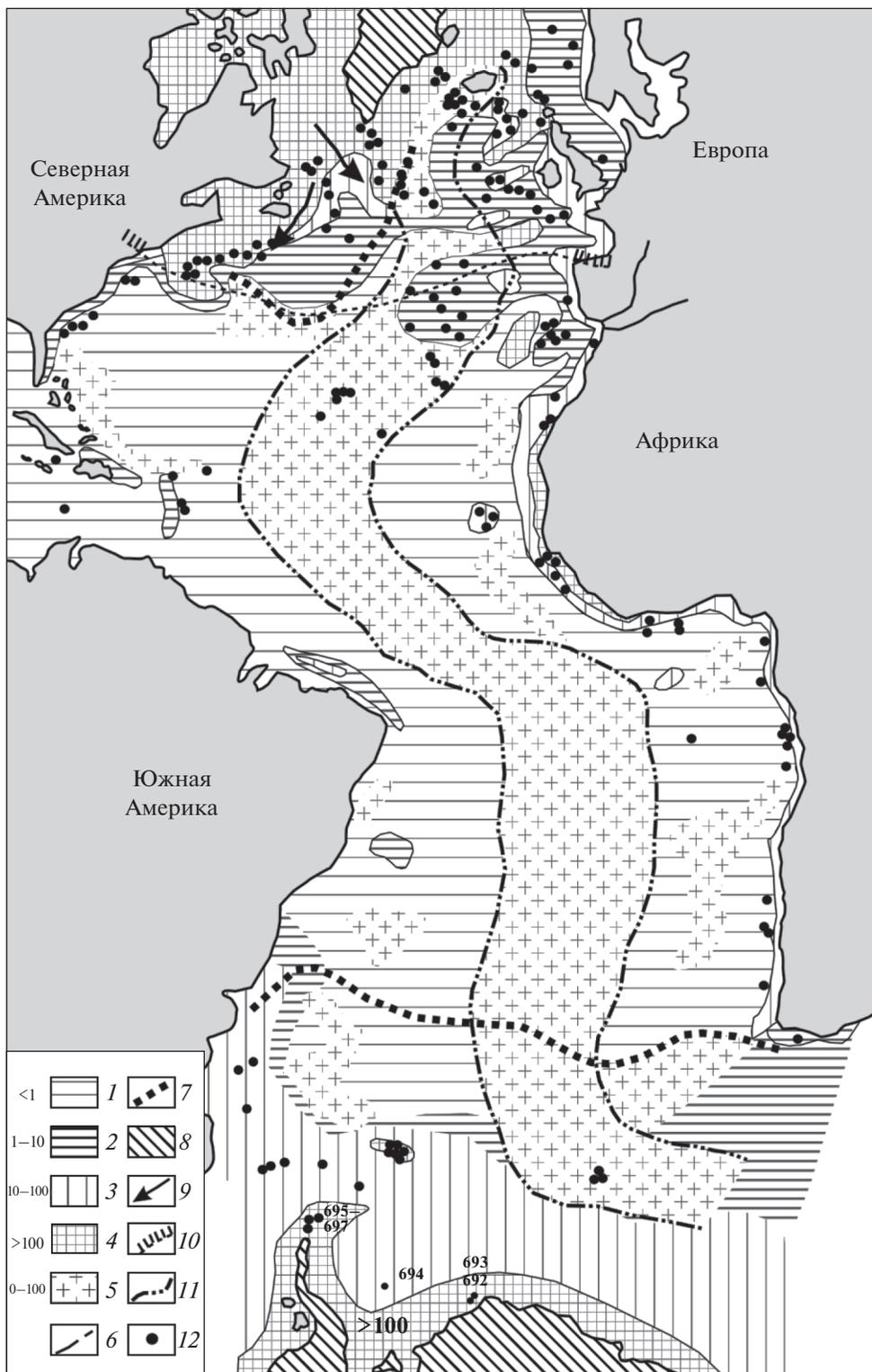


Рис. 1. Количественное распределение ($\text{кг}/\text{м}^3$) грубообломочного материала в верхнем пятиметровом слое донных осадков Атлантики и ее полярных морей по [28]. 1 – < 1 , 2 – 1–10, 3 – 10–100, 4 – > 100 $\text{кг}/\text{м}^3$, 5 – неравномерное, 6 – граница распространения плавучих льдов во время максимума последнего оледенения, 7 – современные границы распространения плавучих льдов, 8 – области современного оледенения, 9 – движение субарктических водных масс в заключительной стадии оледенения, 10 – граница многолетней мерзлоты в Европе и Северной Америке, 11 – границы Срединно-Атлантического хребта, 12 – местоположение станций и скважин DSDP с ДКМ и номера изученных скважин.

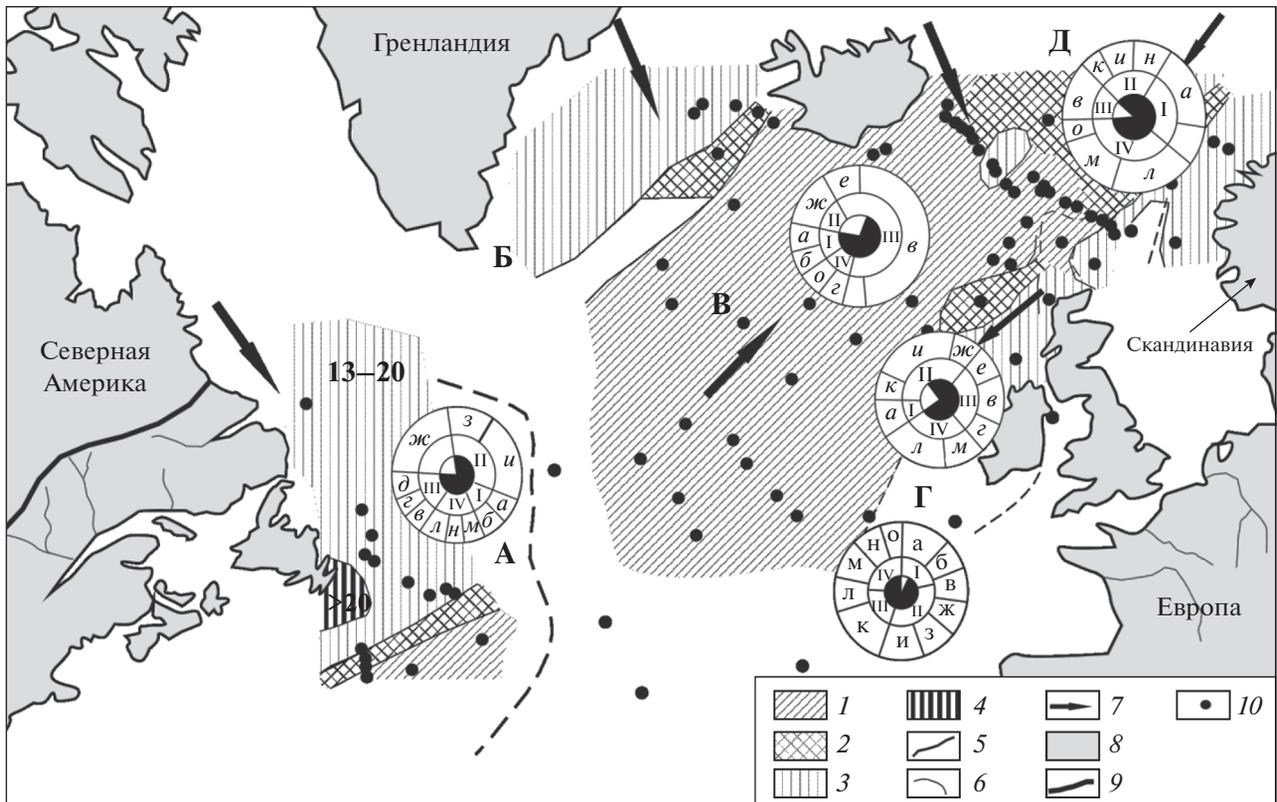


Рис. 2. Карта петрографического состава и терригенно-петрографических провинций грубообломочного материала Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна по [20]. Петрографическое разнообразие горных пород, количество разновидностей (1–4): 1 – от 1 до 7, 2 – от 8 до 12, 3 – от 13 до 20, 4 – более 20; 5 – граница областей с разным петрографическим разнообразием; 6 – граница петрографических провинций; 7 – предполагаемые пути поступления грубообломочного материала, 8 – суша, 9 – граница водосбора, 10 – местоположение станций. Круговые диаграммы: I–IV – типы пород: I – магматические, II – осадочные, III – вулканогенные, IV – метаморфические; а – гранитоиды, б – габброиды, в – базальты, г – андезиты, д – риолиты, е – основные туфы, ж – алевролиты, з – аргиллиты, и – песчаники, к – карбонатные породы, л – гнейсы, м – амфиболы, н – сланцы, о – кварциты. А–Д – петрографические провинции: А – Ньюфаундленд-Лабрадорская, Б – Гренландская, В – Исландская, Г – Британская, Д – Норвежская.

первых айсбергов началось еще в плиоцене. Этот материал разносился айсбергами на юг в Центральную Атлантику до 29–30° с.ш., т.е. широты Канарских островов. В составе каменного материала преобладают древние горные породы, в том числе гранито-гнейсы и амфиболовые сланцы. Абсолютный возраст сланцев по нашим данным в тропе Кинг 1.2–1.3 млрд лет. Они широко развиты в Скандинавии и доставлены сюда айсбергами [22].

У Норвежского побережья повсеместно преобладают разнообразные магматические и метаморфические породы: габбро, пироксениты, диориты, сиениты, кварциты, амфиболиты, кристаллические сланцы. Большое разнообразие петрографических типов пород (до 9–10 типов) отмечено в осадках Норвежской котловины (рис. 2) и на Фареро-Исландском пороге [14, 31]. На пороге обломки каменного материала представлены базальтами, гранитами, гранодиоритами, диоритами, пегматитами, гранито-гнейсами, пироксе-

нитами, амфиболитами, сланцами. Некоторые авторы (например, Б.Н. Котенев, И.Э. Ломакин [14] до сих пор считают Фареро-Исландский порог континентальной структурой). Хотя здесь пробурены глубоководные скважины DSDP и доказано, что порог является океанической структурой, возникшей под влиянием Исландского плюма при спрединге плит [39].

По вещественному составу грубообломочного материала в морях Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна выделены следующие терригенно-петрографические провинции (рис. 2).

1. Ньюфаундленд-Лабрадорская алевролит-песчаник-гнейс-гранит-лабрадоритовая провинция расположена на западе Северной Атлантики у северо-восточного побережья Северной Америки. Преобладающие петрографические разновидности пород в грубообломочном материале донных осадков провинции представлены глини-

стыми известковыми алевролитами, аркозовыми песчаниками, биотитовыми лейкократовыми гранитами. В меньшем количестве присутствуют лабрадориты, гнейсы; единичны образцы аргиллитов, сланцев, органогенно-обломочных известняков, кварцитов, диоритов, уралитизированных базальтов, средних и кислых туфов. Отмечены находки фосфоритовых конкреций в южной части Большой Ньюфаундлендской банки. Формирование в плейстоцене грубообломочного материала этой провинции было связано, главным образом, с айсберговым и ледовым приносами из районов распространения пород палеозоя—докембрия, прежде всего, с Канадского щита (полуостров Лабрадор) и, в меньшей степени, с Гренландского щита;

2. В районах, примыкающих к Гренландии, роль изверженных и метаморфических пород настолько велика, что здесь следует выделить самостоятельную Гренландскую петрографическую подпровинцию;

3. Британская песчаник-базальто-гнейсо-амфиболитовая петрографическая провинция выделяется в восточной части Северной Атлантики и ограничивается западными берегами Британских островов, протягиваясь к поднятию Роккол на юге. В провинции наибольшим развитием среди грубообломочного материала пользуются красные железистые, зеленые хлоритовые и граувакковые песчаники, массивные базальты, гранито-гнейсы, роговообманковые, пироксеновые амфиболиты и кристаллические сланцы. Такой набор пород в донном грубообломочном материале соответствует породам, слагающим палеозойские массивы островов северо-западной Великобритании;

4. Норвежская гнейсо-гранит-амфиболит-филлитовая петрографическая провинция охватывает юго-восточную часть Норвежского моря, протягивается с запада на восток от хребта Ян-Майендо западных берегов Норвегии и ограничена на юге Фареро-Шетландским желобом. Здесь в грубообломочном материале господствуют гнейсы, катаклазированные граниты, пироксеновые амфиболиты, окварцованные филлиты. В меньших количествах встречены гальки кварцевых песчаников, органогенно-обломочных известняков, глинистых катунов. Петрографический состав донных обломков провинции сходен с составом пород побережья Норвегии. Сравнительное постоянство состава подводных образцов в подповерхностных и поверхностных слоях осадков может быть объяснено неизменностью питающих участков, т.е. терригенный материал длительное геологическое время поставлялся, главным образом, со Скандинавского щита айсбергами и ледниками;

5. Исландская базальтовая петрографическая провинция включает срединный район Северной Атлантики, в том числе хребты Рейкьянес и Кольбейнсей. Она выделяется постоянством петрографических разновидностей пород донного грубообломочного материала, в котором обычно преобладают базальтоиды, принесенные айсбергами из Исландии.

БАРЕНЦЕВО МОРЕ

Неоднократные попытки сбора и исследования состава каменного материала не решили вопрос его происхождения и характера распределения в Баренцевом море и ряде полярных морей. И сейчас имеются два основных мнения: 1 — каменный материал имеет местное происхождение, т.е. соответствует составу коренных пород того участка земной коры, где он собран [1, 7, 8, 11, 33]; 2 — каменный материал экзарирован и принесен ледником, в основном, из центров оледенения [19, 20, 24, 32]. Центры оледенения в Баренцевоморском регионе находились в плейстоцене и находятся сейчас, в голоцене, в горных районах и на поднятиях земной коры, окружающих акваторию моря.

По идее, предложенной А.П.Лисицыным [19, 21, 24, 41], изучение ДКМ даст возможность решить названную выше проблему его происхождения и распределения, которая весьма важна и в практическом плане при геокрировании дна, прогнозировании и поиске месторождений полезных ископаемых. Каменный материал дает также сведения об источниках терригенного вещества, поступающего в осадочные бассейны, позволяет выявлять трассы движения ледников, определять масштабы оледенения и решать другие геологические и палеогеографические задачи [19, 21, 24, 41].

Изучение ДКМ Баренцева моря было начато в 20-х годах прошлого столетия М.В. Кленовой по сборам научно-промысловых и рыбацких судов; в результате сделаны два основных вывода: 1 — о слабом влиянии льдов на перенос крупнообломочного материала, 2 — “каждому элементу рельефа Баренцевоморской равнины... присущ своеобразный набор пород” [11]. Эти представления стал развивать В.Д. Дибнер [7, 8], на их основе он составил геологическую карту Баренцева моря. Далее идею подхватили В.Б. Хасанкаев [33] и другие исследователи, применив ее для изучения как Баренцева моря, так и некоторых других геоструктур Северного Ледовитого океана.

В 1976 г. сбор ДКМ при помощи драги и тяжелой трубы большого диаметра и его исследование по профилю п-ов Рыбачий — Земля Франца-Иосифа выполнен Г.С. Хариним и А.А. Красильщиковым [32] в 23-м рейсе НИС “Академии Кур-

чатов” (1976 г.). Было выявлено, что в составе ДКМ существенно преобладает обломочный материал, принесенный издалека. Так, источником гранитов, гранито-гнейсов, амфиболитов, габброидов и других древних пород были кристаллические комплексы Балтийского щита. Но в центральной части профиля в районе Центральной Баренцева плато и Центральной банки предположена возможность наличия коренных обнажений верхнего мела. Здесь драгой и трубой были получены слабосцементированные алевролиты, возраст которых, по данным палинологического анализа 13 образцов, близок между собой и определен как альб-сеноманский.

По итогам работ 67 и 68-го рейсов НИС “Академик Мстислав Келдыш” был изучен петрографический состав ДКМ в 9 районах моря: 1 – северо-западная окраина арх. Новая Земля; 2 – центр Баренцева моря; 3 – район Печоры-Варандей; 4 – район Кольского полуострова; 5 – район Скандинавии; 6 – район о. Медвежий; 7 – район Шпицберген Южный; 8 – район Шпицберген Северный; 9 – район арх. Земля Франца-Иосифа. Были выделены 35 петрографических типов и подтипов пород (рис. 3), которые отражают большое разнообразие состава ДКМ практически в каждом районе моря (больше 10 типов горных пород) [12, 16, 25]. ДКМ распространен в верхней части осадочной толщи Баренцева моря неравномерно. Максимальное количество выделенных типов и подтипов каменного материала приурочено к районам Скандинавского п-ва, Мурманского поднятия, западной прибрежной части арх. Новая Земля (к глубинам 200–250 м) и континентальному склону западной окраины Баренцева моря (к юго-западу от о. Медвежий) (глубины 400–450 м). Среди проанализированных эталонных образцов были определены доминирующие типы ДКМ: алевролиты, песчаники, сланцы и диориты. Максимальные концентрации алевролитов и песчаников отмечены для центральной (банки Персей, Центральная) и западной (побережье Скандинавии, район о. Медвежий, юго-западный склон Шпицбергенской банки) частей моря. Восточная часть моря характеризуется меньшим количеством упомянутых типов ДКМ, что должно объясняться, вероятно, менее интенсивной экзарацией и гидродинамикой прибрежной зоны. Магматические типы пород ДКМ выявлены в разных количествах (от единичных обломков до 43% от общего количества ДКМ) во всех районах, но, в целом, составляют незначительную долю. Их максимальные скопления приурочены, в основном, к побережьям Скандинавского и Кольского полуостровов, что можно объяснить их происхождением в результате экзарации и абразии береговых горных массивов.

Почти для всех выделенных районов в составах ДКМ имеются петрографические маркеры –

типы горных пород, указывающие на место их происхождения, откуда они были доставлены ледником. Но, при этом, один и тот же маркер отмечается в нескольких районах. Это свидетельствует о транзите его ледником из одного источника в разные районы. К таким маркерам относятся, например, коричневые (красноцветные) песчаники, фосфориты, развитые в пермских отложениях Северного острова архипелага Новая Земля. Из обнажений этого возраста в районы центральной части Баренцева моря ледник принес нижнедевонские оолитовые известняки, доломиты грибовской свиты и черные сланцы. Такое же происхождение имеют и обломки гранитов. Граниты района Печоры-Варандей принесены речным льдом с Полярного Урала. В районах Скандинавии и Кольского полуострова маркерами являются пегматиты, граниты, диориты. Характерно, что кольские обломки пегматоидов присутствуют в составе ДКМ в районе о. Медвежий. В составе маркеров ДКМ района Шпицберген Северный, отмечены угловатые, слабоокатанные обломки и окатанная галька базальтов, гранитов, гнейсов, диоритов, кварцитов, розовой яшмы, кварца, песчаников, черных сланцев, алевролитов. В районах Шпицберген Южный и Печора-Варандей было получено только 5 угловатых и слабоокатанных обломков размером от 1 до 4 см серого известняка, черного сланца и алевролита.

Магматические типы пород ДКМ выявлены в разных количествах (от единичных обломков до 43%) во всех районах, но, в целом, составляют незначительную долю. Их максимальные концентрации отмечены, в первую очередь, для пещерных районов Баренцева моря, вблизи материкового склона Балтийского щита (Скандинавского и Кольского полуостровов) и около склона архипелагов Новая Земля и Шпицберген, их минимальное содержание – в осадках центральной части Баренцева моря в районе банок Персей и Центральная. На диаграмме химического состава (рис. 4) среди магматических пород можно выделить: 1 – диориты нормального ряда (районы Печора-Варандей, Скандинавского и Кольского полуостровов, о. Медвежий и Шпицберген Северный); 2 – субщелочные граниты и диориты, приуроченные к западной и центральной частям Баренцева моря (к югу от о. Медвежий, в районах Северный Шпицберген и Центральная котловина). Достаточно наглядно прослеживается связь магматических пород ДКМ Баренцева моря с магматизмом прилегающих островных и наземных источников – областей сноса. Поле раннепротерозойских вулканитов Печенгского района Кольского полуострова охватывает почти все составы магматических пород ДКМ Баренцева моря.

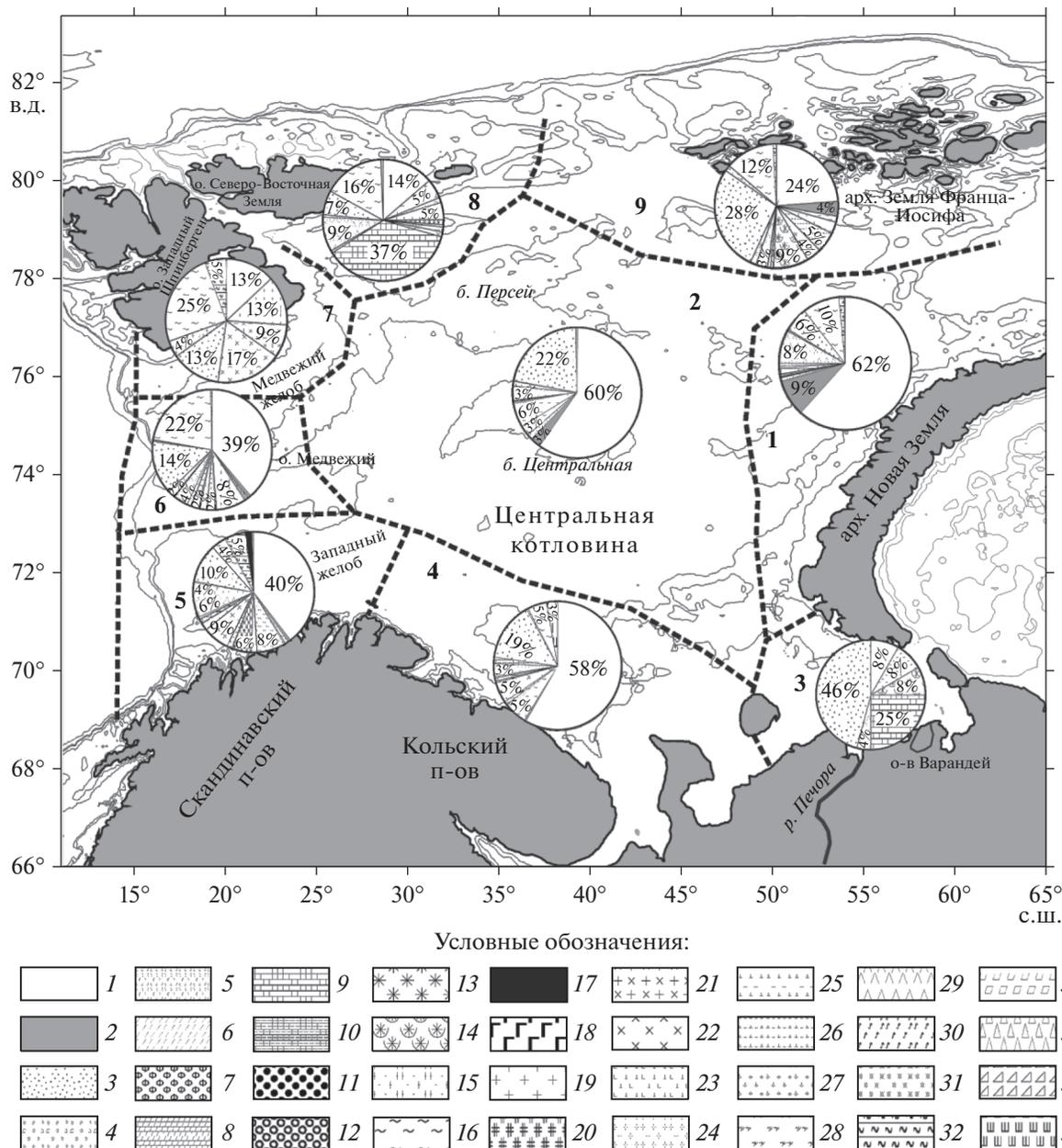


Рис. 3. Петрографический состав каменного материала Баренцева и Печорского морей по результатам работ в 67 и 68-м рейсах НИС "Академик Мстислав Келдыш" по [33]. Типы пород: осадочно-органогенные иэффузивно-осадочные: 1 – алевролит, 2 – аргиллит, 3 – песчаник, 4 – брекчия, 5 – конгломерат, 6 – яшма, 7 – фосфорит, 8 – доломит, 9 – известняк, 10 – мергель, 11 – коралл, 12 – белемнит, 13 – железистые конкреции, 14 – железистые корки, 15 – кремень, 16 – сланец, 17 – уголь; изверженные глубинные: 18 – габброид, 19 – гранит, 20 – гранитоид, 21 – гранодиорит, 22 – диорит, 23 – перидотит; изверженные жильные: 24 – пегматоид; изверженные эффузивные: 25 – базальт, 26 – диабаз, 27 – порфирит; метаморфические: 28 – гнейс, 29 – кварцит, 30 – роговик, 31 – скарн, 32 – слюдястый сланец; отдельные минералы и образцы: 33 – кальцит, 34 – кварц, 35 – полевой шпат, 36 – шлак. Пунктиром показаны границы районов Баренцева моря (1 – район арх. Новая Земля, 2 – центр Баренцева моря, 3 – район Печора-Варандей, 4 – район Кольского п-ва, 5 – район Скандинавского п-ва, 6 – район о. Медвежий, 7 – район Шпицберген Южный, 8 – район Шпицберген Северный, 9 – район арх. Земля Франца-Иосифа).

Проведенный анализ зависимости количества выделенных эталонных образцов (показатель разнообразия ДКМ) от долей содержания гранулометрических фракции и степени окатанности образцов показал, что разнообразие ДКМ не при-

вязано к определенной фракции (т.е. данный материал не сортирован) – значения коэффициента линейной аппроксимации $R^2 < 0.4$. Но наблюдается некая положительная корреляция количества эталонных образцов с распределением не-

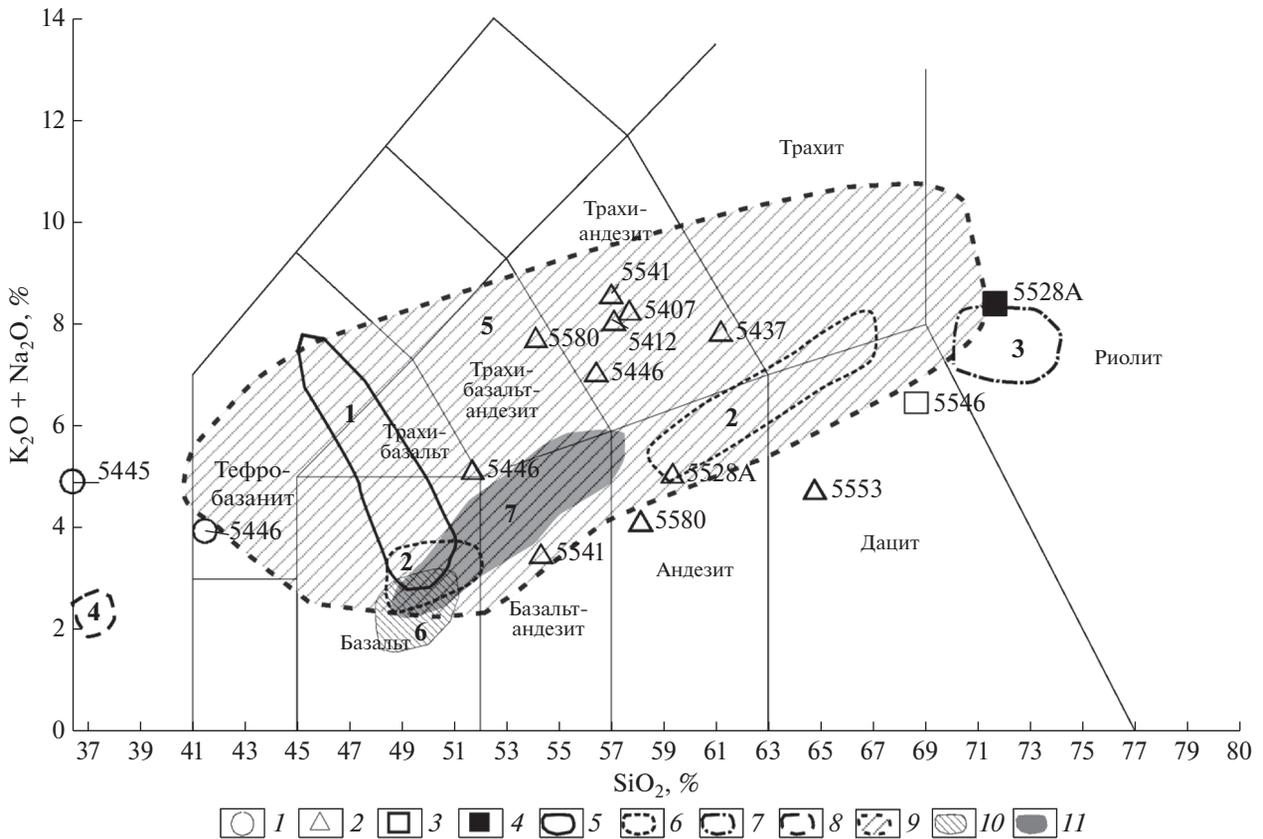


Рис. 4. Магматические породы ДКМ Баренцева моря и поля их предполагаемых источников на классификационной диаграмме (K₂O + Na₂O)–SiO₂ [40]. 1–4 – ДКМ Баренцева моря (цифры – номера станций 67 и 68-го рейсов НИС “Академик Мстислав Келдыш”): 1 – базальты, диабазы, 2 – диориты, 3 – гранодиорит, 4 – щелочной гранит; 5–11 – поля предполагаемых наземных источников ДКМ (цифры – номера полей на диаграмме): 5 – долеритовые дайки Шпицбергена (Конг–Карлс–Ланд) (1) [36], 6 – верхнеюрские и нижнемеловые базальты, долериты Шпицбергена (Конг–Карлс–Ланд) (2) [36], 7 – гранитоиды девонских конгломератов, о. Западный Шпицберген (серия Ред–Бей) (3) [27], 8 – палеозойский кимберлитовые дайки, Шпицберген (4) [9], 9 – раннепротерозойские вулканы Печенгского района, Кольский п-ов (5) [43], 10 – базальты ЗФИ (6) [42], 11 – андезиты ЗФИ (7) [42].

окатанного материала, степень аппроксимации в этом случае $R^2 > 0.5$. Данная картина распределения может быть косвенным доказательством ведущей роли ледниково-айсбергового разноса (неокатанный материал) при формировании ДКМ Баренцева моря и зависимости его состава от геологического строения и петрографии областей сноса.

По результатам исследования ДКМ в Баренцевом море сделаем ряд выводов.

I. Изучение грубообломочного материала (донного каменного материала – ДКМ) в позднечетвертичных и голоценовых осадках Баренцева и Печорского морей показало, что он распространен неравномерно, но почти повсеместно. Петрографический состав ДКМ в разных районах Баренцева моря подвержен значительным колебаниям, но в целом он комплементарен набору горных пород прилегающей суши и количественно обеспечивается размером экзарации и выно-

сом материала ледником в районы седиментации. В этих районах в составе ДКМ имеются обломки пород-индикаторов, указывающих на источник их происхождения.

II. В составе гравийной фракции в большинстве изученных районах (центральной части Баренцева моря, районах Земли Франца-Иосифа, северо-западной части Новой Земли Печоры-Варандея) существенно преобладают слабосцементированные алевролиты. Этот факт объясняется двумя причинами: 1 – эти породы легко дробятся и при транспортировке льдом и течениями в водной среде измельчаются, искажая истинное соотношение типов пород в ДКМ; 2 – в центральной части Баренцева моря на донных поднятиях и банках возможны коренные обнажения меловых слабосцементированных алевролитов. При низком уровне моря в плейстоцене здесь формировались баренцевоморские центры оледенения, откуда алевролиты при экзарации разносились ледниками по акватории моря.

III. Учитывая большую мобильность ДКМ и разнообразный его состав, следует сделать заключение, что перспективы его использования для геокартирования и прогнозирования на минеральные ресурсы дна Баренцева и Печорского морей весьма ограничены.

КАРСКОЕ МОРЕ

ДКМ этого моря изучен слабо. В 49-м рейсе НИС “Дмитрий Менделеев” (1993 г.) в этом море были впервые выполнены количественные определения содержания и петрографического состава грубообломочного материала на 42 станциях (рис. 5). Для извлечения каменного материала промывалось в каждой пробе более чем 100 л донных осадков. При лабораторных исследованиях этого материала была проведена его дифференциация на группы по способу транспортировки, дальности переноса, петрографическому и минеральному составу, вторичным преобразованиям, возрасту, петрохимическим особенностям [23]. Ниже приводятся данные о ДКМ, петрографических провинциях на дне Карского моря и его континентальных источниках.

Свойства каменного материала из донных осадков. Концентрация ДКМ для 42 станций в 1 л донного осадка из верхнего слоя современных отложений оказалось в пределах от 0 до 48 г/л [23]. Вклад каменного материала повышается на подводных поднятиях и снижается в понижениях рельефа, т.е. прослеживается четкая связь с рельефом дна моря – так же как и в других районах распространения каменного материала [15, 16, 20, 23]. Ни на одной из станций не удалось получить надежных доказательств распространения моренных отложений, которые подтвердили бы гипотезу существования Карского покровного ледника с центром оледенения в открытых частях Карского моря. Большая часть отложений содержит меньше 5% каменного материала и только на отдельных поднятиях дна отмечены значения 5–25% [38].

В осадках Карского моря преобладают окатанные и полуокатанные обломки, как в крупных фракциях, так и в гравийной фракции и в крупнопесчаной, где обломки пород еще сохраняются, т.е. не разделяются на отдельные составляющие их минеральные зерна, переходящие в песчаные и алевритовые фракции. Преобладает материал мелкий – гравийный и крупнопесчаный, крупные обломки (галька и более крупные) редки. Валунного материала (крупнее 10 см) получено не было. Траления на поднятиях не дали крупного или экзотического материала, который по своим показателям (крупность, окатанность, характер поверхности и др.) мог бы уверенно определяться как моренный материал или как выходы коренных пород [23].

Каменные обломки диаметром более 5 см были обнаружены в пробах из дночерпателей и траплов с 15 станций. Из них на 5 станциях в крупных обломках встречалась одна и та же порода – базальт (станции 4400, 4405, 5510, 4411, 4412). Эти станции расположены в устье р. Енисей.

Для двух образцов базальта (4405-3 и 4411-1) был определен возраст K–Ar методом: 209 и 218 млн лет [24]. Это существенно меньше, чем возраст сибирских траппов (247–248 млн лет), и намного больше, чем возраст траппов Земли Франца-Иосифа (80–160 млн лет).

Характерны очень низкие содержания грубообломочного материала и неравномерное его распространение по поверхности дна (рис. 6). Концентрация этого материала заметно возрастает у восточного побережья Новой Земли (станции 4380, 4382), а также вблизи юго-восточного берега полуострова Таймыр (ст. 4402, около о. Диксон) и в Енисейской губе (станции 4405–4413).

Большая часть собранного трапами и дночерпателями каменного материала, судя по форме обломков и их окатанности, а также характеру поверхности, разнообразию их петрографического состава, была перенесена плавучими льдами. Не исключается возможность транспортировки древнего грубообломочного материала ледниками и айсбергами, особенно в позднем плейстоцене, что отмечается в колонках (рис. 7). В пользу ледникового и айсбергового разноса свидетельствует следующее: 1 – осадки “ледникового” верхнеплейстоценового возраста более насыщены грубообломочным материалом, чем осадки “морского” голоцена; 2 – этот материал приурочен к отдельным горизонтам, маркирует время наибольшего распространения ледников; 3 – к этим же горизонтам нередко приурочены и так называемые “сухие глины”, которые могут представлять собой моренные образования, экзарированные на Новой Земле.

Неравномерность распределения грубообломочного материала наблюдается и в других разрезах позднечетвертичных отложений, в том числе и в голоцене [18]. Здесь также присутствуют грубообломочный материал, прослой и линзы “сухой глины” (ст. 4384). Поэтому надо полагать, что айсберговый разнос континентальных образований продолжался и в начале голоценового времени.

Петрографические провинции. Состав ДКМ позволяет выделить две петрографические провинции: Западно-Карскую и Восточно-Карскую, также как и для тонкозернистой части донных осадков [16, 24]. Источниками сноса Западно-Карской провинции являются острова Новой Земли, полуостров Пай-Хой и остров Вайгач (см. рис. 6). Маркерные породы – обломки филлитов, хлорит-серицитовых сланцев, найденные на станциях 4379–4381, 4385. Они принесены,

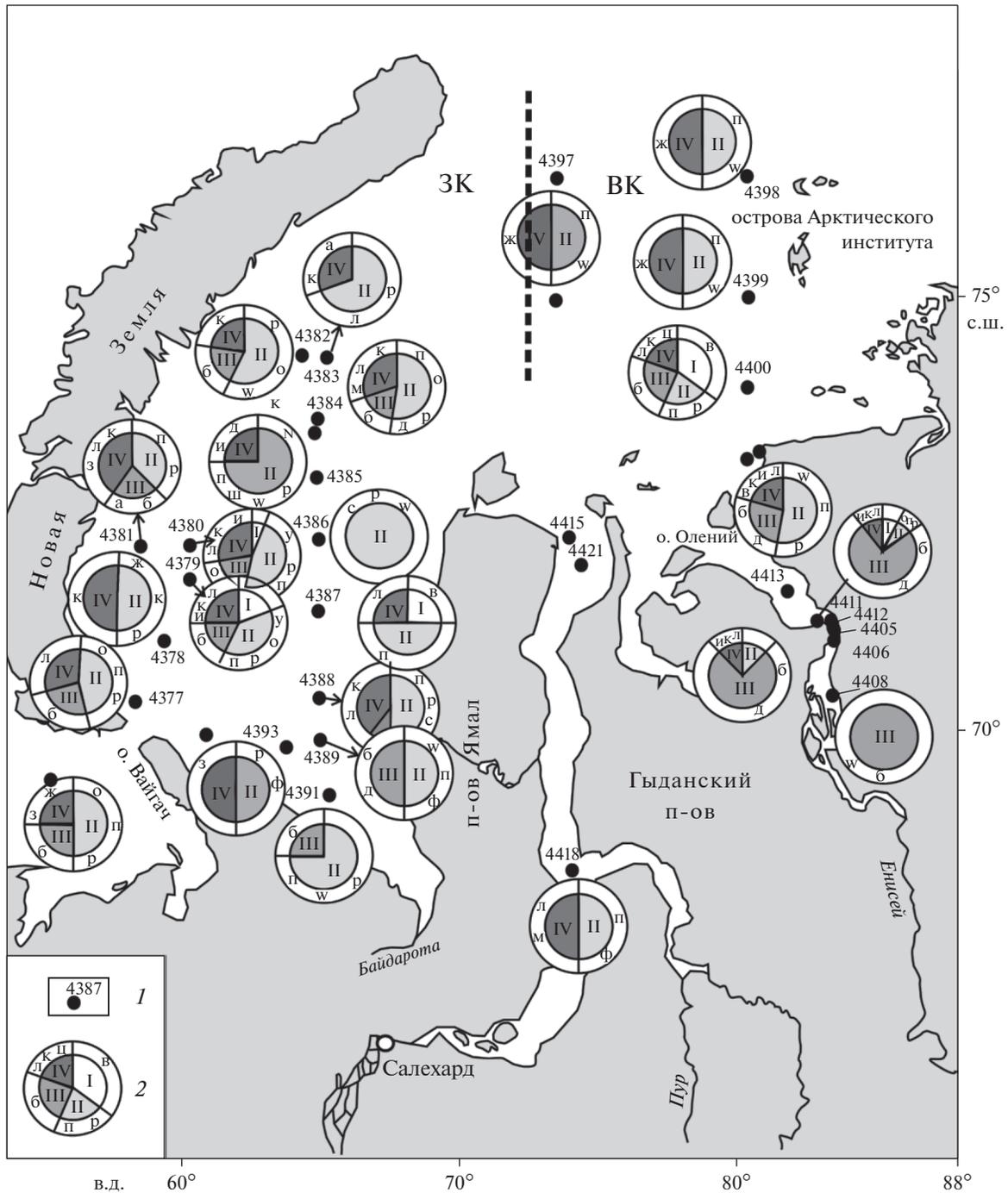


Рис. 5. Схема распределения петрографических типов грубообломочного каменного материала на дне Карского моря по [18]. 1 – местоположение и номера станций, 2 – круговая диаграмма с данными о соотношениях типов в составе пород. I–IV – типы пород: I – магматические, II – осадочные, III – вулканогенные, IV – метаморфические. а – андезиты, б – базальты, в – габброиды, г – граниты, д – диабазы (долериты), е – диориты, ж – гнейсы, з – кристаллические сланцы, и – филлиты, к – углистые, графитовые, глинистые, хлорит-серицитовые сланцы, л – кварциты, м – кварц, н – аргиллиты, о – алевролиты, п – песчаники, р – известняки и мергели, с – доломиты, у – уголь, ф – фосфатные включения, ш – шлаки, остеклованные обломки, s – сульфидная минерализация, w – рудные (железомарганцевые корки), N – битуминозность. Пунктир – граница между Западно-Карской (ЗК) и Восточно-Карской (ВК) петрографическими провинциями.

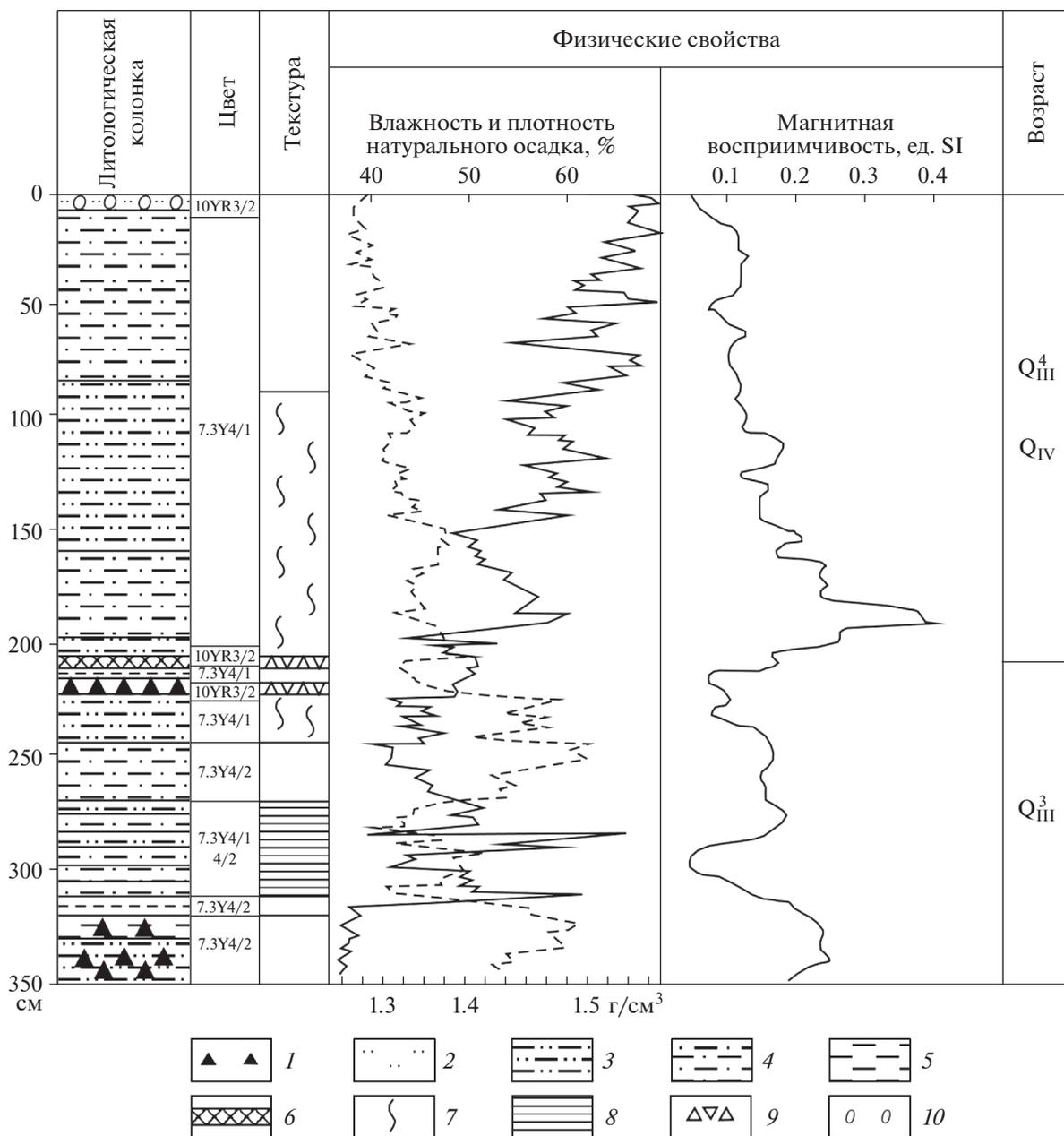


Рис. 6. Разрез верхне-четвертичных отложений на ст. 4381, глубина моря 375 м, по [17, 18]. Осадки: 1 – гравий, галька; 2 – алевриты; 3 – пелитово-алевритовые илы; 4 – алевритово-пелитовый ил; 5 – пелитовые илы; 6 – “сухие глины”. Текстуры: 7 – пятнисто-диагенетическая; 8 – горизонтально-слоистая; 9 – комковатая. Органические остатки: 10 – трубочки полихет.

скорее всего, с Южного острова Новой Земли, где залегают среди кембрийских отложений [29, 35]. Другая группа осадочных маркерных пород – доломиты (станции 4386, 4388) были доставлены, вероятно, с Северного острова Новой Земли. Известно, что на северо-востоке этого острова (Русская Гавань, губа Грибовая) развита мощная (до 500 м) доломитовая толща в грибовской свите нижнего девона [3]. Вероятно, с этой свитой могут быть связаны и фосфатные известняки с

лингулами (ст. 4380). Со среднедевонскими черносланцевыми и карбонатно-терригенными формациями Северного острова связан и грубообломочный материал станций 4383–4389, представленный кварц-полевошпатовыми песчаниками, черными и углисто-глинистыми сланцами. Группа карбонатных маркеров: светлые и серые битуминозные известняки, окремненные известняки и мергели станций 4380 и 4386, очевидно, поступала из верхнекарбонатовых отложений



Рис. 7. Схема количественного распределения и путей ледово-айсбергового разноса грубообломочного материала по [18]. 1 – станции отбора проб, их номер, количество грубообломочного материала, полученного при промывке 100 л осадка из дночерпателя, 2 – пробы из тралов, 3 – пробы из дночерпателей, 4 – гравий, галька в колонках, 5 – “сухая глина” в колонках, 6 – следы ледниковой обработки каменного материала, 7 – ветрогранники среди обломков, 8 – конечные морены второго и третьего (голоценового) поясов по [5], 9 – главное направление переноса вод и современного льда, 10 – возможное направление движения ледников и айсбергов в плейстоцене и голоцене.

Новой Земли, где отмечены аналогичные породы [3]. Из магматических пород маркерами являются гальки гранитов (станции 4379, 4380) и обломки липаритов (ст. 4388). Они, видимо, связаны с герцинскими гранитоидными интрузиями, известными на Новой Земле [3]. Обломки известковистых фосфатистых песчаников с глауконитом (станции 4377, 4380), скорее всего, доставле-

ны из мезозойских терригенных отложений Пай-Хоя, острова Вайгач, Предуральяского прогиба [23].

Загадочным является коренной источник дробовидного палагонитизированного базальтового стекла (ст. 4391). Это могут быть мезозойские вулканогенные образования Пай-Хоя [10] или кайнозойские вулканогенные образования северной оконечности Новой Земли, которые плохо изуче-

ны, площади их распространения точно не определены [12].

Грубообломочный материал Восточно-Карской петрографической провинции изучен на 4-х станциях (4397–4400). В отличие от Западно-Карской провинции набор горных пород здесь очень беден. В северной части провинции (станции 4397–4399) он состоит лишь из галек рассланцованных песчаников и парагнейсов. Это северная подпровинция метаморфических пород. Кроме того, в аутигенных железомарганцевых корках и конкрециях встречаются включения гравия белого кварца, углистых и карбонатных пород [2]. Встречены также мореноподобные слабо литифицированные образования глинисто-песчаного состава с коркой оксидов железа.

Южнее, на ст. 4400, грубообломочный материал более разнообразен. Здесь присутствуют габброиды, базальты, малиновые кварциты, филлиты, углистые сланцы, кварц-полевошпатовые песчаники, окремненные известняки. Встречена одна галька прозрачного кварца. Значительное разнообразие отмечается в составе обломочного материала вблизи побережья Диксона (ст. 4402). В Енисейской губе на большинстве станций в составе грубообломочного материала преобладают базальтоиды [24], отмечены также мелкие обломки гранитоидов и сиенитов. Их поступление в осадки губы связано с транспортировкой с Таймыра, где широко развит трапповый и щелочной гранитоидный магматизм [4]. Возможно, обнажения базальтов имеются в береговых обрывах или вблизи побережья Таймыра. Значительное количество обломков базальтов с Таймыра выносилось льдами, а в плейстоцене – ледниками, возможно, айсбергами в южную часть Восточно-Карской провинции. В северной части этой провинции наблюдается обедненный состав грубообломочного материала. Это можно объяснить тем, что области сноса были небольшими и однообразными по составу горных пород. Видимо, ими являются острова Арктического института, возможно, другие острова восточной части Карского моря и Северной Земли.

Обедненным по петрографическому составу пород является грубообломочный материал Обской губы (ст. 4418). Он формировался, скорее всего, за счет размыва четвертичных толщ региона. Исследование в районе г. Ноябрьск показало, что в их составе присутствуют озерно-ледниковые пески, флювиогляциальные пески с гравием и галькой, супесь с галькой и валунами [5].

Нельзя исключить возможность поставки грубообломочного материала ледником и айсбергами с архипелага Северной Земли. Об этом свидетельствуют результаты траления на станциях 4397 и 4398, где обнаружен одинаковый однообразный состав обломочного материала (парагнейсы, квар-

циты, песчаники), количество, которого заметно увеличивается в восточном направлении, т.е. к Северной Земле, где встречаются такие породы [6].

Таким образом, петрографо-минералогическое изучение грубообломочного материала, полученного из верхнечетвертичных отложений Карского моря на 42 станциях в 49-м рейсе НИС “Дмитрий Менделеев”, позволило выделить 2 главные петрографические провинции: Западно-Карскую, Восточно-Карскую, и в их пределах несколько подпровинций. Формирование первой было обусловлено поступлением материала, в основном, с островов Новой Земли, второй – с полуострова Таймыр и из водосборных бассейнов Енисея и Оби. Вблизи этих двух источников сноса наблюдается наибольшее количество грубообломочного материала и его максимальное петрографическое разнообразие. Северная часть Восточно-Карской провинции отличается однообразным составом грубообломочного материала, количественное распределение которого дает возможность предполагать его поступление с архипелага Северной Земли. Неравномерность распределения грубообломочного материала во времени отмечается по данным опробования геологическими трубками и в разрезах верхнечетвертичных отложений.

Транспортировка грубообломочного материала осуществлялась плавающим морским льдом, а также ледниками и айсбергами. Об этом свидетельствуют форма обломков, их разнообразная окатанность и др. В верхнем плейстоцене, скорее всего, преобладал ледниковый разнос. В нижних слоях колонок отмечается насыщение грубообломочным материалом в сочетании с горизонтами “сухих глин”. По всей вероятности они образовались за счет захвата айсбергами моренных отложений Новой Земли. В осадки Восточно-Карской провинции материал поступал с таймырскими и североземельскими айсбергами и ледниками. Как видно на рис. 7, в позднечетвертичное время каменный материал встречался в осадках чаще, чем сейчас. Основным видом транспортировки грубообломочного материала были, судя по окатанности, плавающие дрейфующие льды, а также очень редкие айсберги.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Представленные выше сведения дают представление о количественном распределении и составе каменного материала в осадках наиболее изученных полярных морей Атлантики, Норвежского, Гренландского, Баренцева и Карского морей. Следует обсудить и сделать общие выводы, пригодные не только для названных, но и других полярных морей. Отметим, что при этом имеется трудность в сравнении их ДКМ. Она обусловлена различной методикой отбора проб каменного ма-

териала. В морях Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна каменный материал был получен в основном при драгировании, в Баренцевом и Карском морях — при отмывке на судах дозированных объемов осадков, взятых большой ударной трубкой и дночерпателем, а в море Уэддела — по кернам скважин глубоководного бурения.

Для Баренцева и Карского морей можно констатировать, что количество ДКМ уменьшается в восточном направлении с дальнейшим подобным трендом в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море [23], обусловленном, видимо, уменьшением на суше в этом направлении ледникового покрова и количества айсбергов.

В Норвежском и Гренландском морях и в Северной Атлантике количество ДКМ увеличивается по направлению к континентам, где, судя по размещению ДКМ в морских осадках, оледенение началось в плиоцене [30]. Наибольшее количество ДКМ выявлено у западного побережья Скандинавии, у восточного побережья Гренландии и у берегов полуострова Лабрадор. Увеличение количества ДКМ совпадает с ростом количества петрографических континентальных разновидностей горных пород. По их составу выделяются петрографические провинции ДКМ, обусловленные поставкой обломочного каменного материала с суши ледниками, айсбергами, морским и речным льдом. Речной ледовый разнос сибирских траппов отмечен в Енисейской губе и Карском море. В Баренцевом море, в районе Печоры-Варандея, в составе ДКМ присутствуют граниты, видимо, перенесенные речным льдом с Полярного Урала.

В Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях преобладал ледниковый и айсберговый разнос ДКМ. Этот же вид переноса выявлен по данным глубоководного бурения в Приантарктике и в море Уэдделла. Он, очевидно, характерен и для других приантарктических морей.

Петрографические провинции ДКМ хорошо выделяются в морях Северной Атлантики, Норвежско-Гренландском бассейне и Карском море, где континентальные источники сноса ДКМ отстоят друг от друга на большом расстоянии. В Баренцевом море эти источники сближены и расположены на периферии его акватории. Снос ДКМ с них при его ледово-айсберговом разносе направлен к центру акватории Баренцева моря и в сторону Северного Ледовитого океана. В результате этого в акватории моря при ледовом седиментогенезе часто происходит смещение ДКМ из разных источников. Учитывая это обстоятельство (смешивание ДКМ), не стоит считать оправданными попытки использовать ДКМ для геологического картирования и составления геологических карт, а также прогнозировать поиски мине-

ральных ресурсов в акватории полярных морей. Например, фосфоритов, обломки которых присутствуют в ДКМ Баренцева и Карского морей. Прежде чем начинать эти и другие дорогостоящие работы необходимо тщательно изучить ДКМ и определить: 1 — его распределение по акватории (хотя бы приблизительно), 2 — петрографический состав, 3 — источники сноса и виды транспортировки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении еще раз подчеркнем следующее.

1. Полярные моря, широко развитые на Земле, характеризуются сейчас интенсивным развитием ледового седиментогенеза, который в плейстоцене был еще более обширным;

2. Эти моря нередко сейчас сопряжены с центрами оледенения на континентах и островах, а в плейстоцене соседствовали с областями с покровными оледенениями;

3. Разнообразный по петрографическому составу каменный материал, в большом количестве экзарированный ледниками, не только накапливался при ледовом седиментогенезе в полярных морях, но и разносился айсбергами и плавучим льдом по акватории океанов (вплоть до экватора);

4. Каменный материал ледового разноса формировался ранее и формируется сейчас в основном за счет экзарации горных пород континентов;

5. Обломки пород континентального ряда, в том числе и обломки пород, являющихся минеральными ресурсами, при ледово-айсберговом разносе часто осаждаются в океанических осадках, нередко создавая иллюзии о наличии континентальных отторженцев;

6. Ошибочное мнение о коренном (местном) происхождении принесенного в море ДКМ вызывает у некоторых исследователей попытки использовать этот материал (ДКМ) для составления геологических карт и прогнозирования полезных ископаемых;

7. Для избежания подобных и других возможных дорогостоящих ошибок необходимо комплексное изучение ДКМ не только в полярных морях, но и в других морях и в океанах.

Благодарности. Авторы благодарят экипаж НИС “Академик Мстислав Келдыш”, А.В. Булохова, Н.В. Политову, М.Д. Кравчишину, А.Н. Новигатского, Н.В. Козину, Г.В. Малафеева за помощь в сборе материала, а также академику А.П. Лисицыну за поддержку работы и научное руководство.

Источники финансирования. Обработка материала частично выполнялась при финансовой поддержке Российского научного фонда (проекты № 20-17-00157, № 14-27-00114-П). Статья под-

готовлена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 0128-2019-0011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Н.А., Лапина К.Н. Донные отложения Арктического бассейна. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 152 с.
2. Богданов Ю.А., Горшков А.И., Гурвич Е.Г. и др. Железомарганцевые конкреции Карского моря // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 789–800.
3. Бондарев В.И., Романович Б.С., Черкесова Е.В., Енокая В.С. Геологическое строение Новой Земли, Вайгача, Пай-Хоя, Полярного Урала и Севера Печорской депрессии // Геология и перспективы нефтегазоносности Советской Арктики. Л.: НИИГА, 1972. С. 21–27.
4. Верниковский В.А., Пике В.Л., Верниковская А.Е. Раннетриасовые А-граниты Таймыра – результат Северо-Азиатского суперплюма // Докл. РАН. 2001. Т. 380. № 1. С. 87–93.
5. Волков И.А. Пределы распространения Сартанского ледника в Западной Сибири // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 6. С. 1049–1054.
6. Геология архипелага Северная Земля. Л.: ПГО “Севморгеология”, 1982. 185 с.
7. Дибнер В.Д. Морфоструктура шельфа Баренцева моря. Л.: Недра, 1978. 211 с.
8. Дибнер В.Д. Сборы и получение донного каменно-го материала с целью геологического картирования // Геология моря. Л.: НИИГА, 1971. Вып. 1. С. 17–25.
9. Евдокимов А.Н., Сироткин А.Н. и др. Позднепалеозойский щелочно-ультраосновной магматизм архипелага Шпицберген // Записки горного института. 2013. Т. 200. С. 201–209.
10. Иорданский Н.Н. Следы мезозойской вулканической деятельности на Пай-Хое // Мат. ЦНИГРИ. Палеонтология и стратиграфия. М.: НИИГА, 1933. Вып. 1. С. 36–37.
11. Кленова М.В. Геология Баренцева моря. М.: АН СССР, 1960. 342 с.
12. Ключиткин А.А., Гладышев С.В., Кравчишина М.Д. и др. Геологические и гидрологические исследования в Северной Атлантике в 2017 г. на разрезе по 59°30' с.ш. (68-й рейс научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш”) // Океанология. 2019. Т. 59. № 1. С. 177–180.
13. Кораго Е.А., Старицын В.Ф., Ильин В.Ф. и др. Первая находка кайнозойских вулканитов на Новой Земле // Докл. АН СССР. 1985. Т. 284. № 6. С. 1457–1461.
14. Котенев Б.Н., Ломакин И.Э. Фареро-Исландский порог // Природа. 1968. № 7. С. 15–21.
15. Кошелева В.А. Особенности вещественного состава неоплейстоцен-голоценовых отложений арктических морей России // Литология и полезн. ископаемые. 2002. № 2. С. 160–171.
16. Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Саввичев А.С. и др. Исследование седиментосистем Баренцева моря и Норвежско-Гренландского бассейна в 68-м рейсе научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” // Океанология. 2019. Т. 59. № 1. С. 173–176.
17. Левитан М.А., Хусид Т.А., Купцов В.М. и др. Типы разрезов верхнечетвертичных отложений Карского моря // Океанология. 1995. Т. 34. № 5. С. 776–788.
18. Лисицын А.П. Закономерности ледового разноса грубообломочного материала // Современные осадки морей и океанов. М.: Изд. АН СССР, 1961. С. 232–285.
19. Лисицын А.П. К методике изучения галечных отложений открытого моря // Труды Института океанологии АН СССР. 1951. Т. 5. С. 991–945.
20. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука, 1994. 450 с.
21. Лисицын А.П., Канаев В.Ф. Механический анализ грубообломочного материала в судовых условиях // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1956. Т. 19. С. 43–51.
22. Лисицын А.П., Харин Г.С. Грубообломочный материал айсбергового разноса в Северной Атлантике и на дне трога Кинг (наблюдение с ГОА “Мир”) // Океанология. 1995. Т. 35. № 5. С. 743–754.
23. Лисицын А.П., Харин Г.С., Чернышева Е.А. Грубообломочный материал ледового разноса на дне Карского моря // Океанология, 2004. Т. 44. № 3. С. 440–456.
24. Лисицын А.П., Харин Г.С., Чернышева Е.А. Базальты в грубообломочном материале донных осадков Карского моря // Океанология. 2004. Т. 44. № 4. С. 589–599.
25. Политова Н.В., Новигатский А.Н., Козина Н.В., Терпугова С.А. Мультидисциплинарные исследования в Баренцевом море в 67-м рейсе научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 534–536.
26. Ронкина З.З., Вишневецкая Т.Н. Минералогические критерии палеогеографических реконструкций для Карского седиментационного суббассейна в юрско-меловое время // Литология и палеогеография Баренцева и Карского морей. Л.: НИИГА, 1981. С. 85–96.
27. Сироткин А.Н., Евдокимов А.Н. Состав, возраст и тектоническое значение гранитных валунов в девонских конгломератах северо-западной части Шпицбергена // Записки горного института. 2016. Т. 222. С. 789–797.
28. Солдатов А.В., Харин Г.С., Емельянов Е.М. Распределение и состав грубообломочного материала на дне Атлантического океана // Океанологические исследования. 1981. № 33. С. 6–49.
29. Тектоника и металлогения ранних киммерид Новой Земли. СПб.: Недра, 1992. 196 с.
30. Харин Г.С. Магматизм и формирование литосферы Атлантического океана. М.: Наука, 1993. 257 с.
31. Харин Г.С. Магматические породы Фареро-Исландского порога // Океанология. 1976. Т. XVI. № 3. С. 488–493.
32. Харин Г.С., Красильщиков А.А. Состав и закономерности распределения донного каменного материала в Баренцевом море по профилю полуостровов Ры-

- бачий – Земля Франца Иосифа // Литология и палеогеография Баренцева и Карского морей. Л.: НИИГА, 1981. С. 33–41.
33. Харин Г.С., Политова Н.В., Лисицын А.П. и др. Грубообломочный материал ледового разноса на дне Баренцева моря // Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. II. М.: ИО РАН, 2017. С. 115–119.
 34. Хасанкаев В.Б. Изучение каменного материала как источника информации о составе коренных пород дна юго-восточной части Баренцева моря // Литология и полезн. ископаемые. 1978. № 3. С. 118–120.
 35. Шварц Т.В. Основные этапы развития осадочных бассейнов акватории Баренцева моря в фанерозое // Литология и палеогеография Баренцева и Карского морей. Л.: НИИГА, 1981. С. 5–32.
 36. Bailey J.C., Rasmussen M.H. Petrochemistry of Jurassic and Cretaceous tholeiites from Kong Karls Land, Svalbard, and their relation to Mesozoic magmatism in the Arctic // Polar Research. 1997. V. 16. № 1. P. 37–62.
 37. Barker P.E., Kennett J.P. et al. Proc. ODP, Init. Repts. 1988. V. 113. 785 p.
 38. Gurevich V.I. Recent sedimentogenesis and environment on the Arctic shelf of Western Eurasia. Oslo: Norsk Polarinstitut Meddelelser, 1995. № 131. 92 p.
 39. Kharin G.S. The petrology of magmatic rocks, DSDP Leg 38 // Init. Reports of DSDP. 1976. V. 38. P. 685–716.
 40. Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram // Jour. of Petrology. 1986. V. 27. № 3. P. 345–350.
 41. Lisitzin A.P. Sea-ice and iceberg sedimentation in the ocean. Recent and past. Berlin: Springer, 2002. 543 p.
 42. Ntaflou T., Richter W. Geochemical constraints on the origin of the Continental Flood Basalt magmatism in Franz Josef Land, Arctic Russia // European Journal of Mineralogy. 2003. V. 15. P. 649–663.
 43. Skufin P.K., Theart H.F.J. Geochemical and tectono-magmatic evolution of the volcano-sedimentary rocks of Pechenga and other greenstone fragments within the Kola Greenstone Belt, Russia // Precambrian Research. 2005. V. 14. P. 1–48.

Rock Material at the Bottom of Polar Seas: Distribution, Composition, Genesis

G. S. Kharin^{a, #}, D. V. Eroshenko^a

^aShirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

[#]e-mail: kharings@mail.ru

We summarized the results of studies of bottom rock material in quaternary sediments in the polar seas of the Arctic, North Atlantic and Antarctic, which was obtained in expeditions of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences by sieve washing. We have compiled maps of the quantitative distribution of this material over water areas, created cyclograms of petrographic composition for various sites. A wide variety of petrographic types of rocks was revealed, which is caused by their transport by glaciers, icebergs and ice from glaciation centers on continents and islands. We identified petrographic provinces according to the composition of the stone material and determined the sources of its. At the same time, great importance was given to the search for marker rocks, allowing correlation of the rock material of the seas with their land sources.

Keywords: bottom rock material, ice rafting, glacial examination, petrography, sandstones, gneisses, granites, indicator rocks