

**БАНК ДАННЫХ «МОРСКОЕ ДОННОЕ ОПРОБОВАНИЕ»
ШЕЛЬФА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА
(ПРИМЕР ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)**

Представлен банк данных «Морское донное опробование» — централизованное хранилище первичной аналитической информации по донным осадкам в форме, доступной и удобной для пользователя. По материалам банка данных построена литологическая карта современных донных осадков поднятия Менделеева и сопряженных структур (шельф о. Врангеля, континентальный склон) и изучено распределение гальки и гравия по площади дна. Показано, что осадки, содержащие в качестве примесей галечно-гравийно-песчаные компоненты, имеют площадное распространение, и местоположение их четко приурочено к вершинам и склонам подводных возвышенностей поднятия Менделеева. Эти осадки являются элювиально-делювиальными продуктами размыва коренных пород дна, т. е. имеют местное происхождение. Ледовый разнос как активный фактор седиментогенеза играет роль лишь на шельфе о. Врангеля.

Ключевые слова: банк данных, донное опробование, литологический состав современных донных отложений, экспорт в ГИС, шельф о. Врангеля, поднятие Менделеева.

Presented in this paper Data Bank «Sea bottom sampling» is a centralized repository of primary analytical information on marine sediments. Bank combines and organizes materials for on materials built lithological map of modern sediments seamounts Mendeleev and conjugate structures (shelf on Wrangel Island, the continental slope) and studied the distribution of pebbles and gravel on the bottom area. It is shown that the sediments containing as impurities gravel and gravel-sand components have areal extent and location of their clearly confined to the tops and slopes of seamounts Mendeleev. These deposits are eluvial-diluvial products of erosion of bedrock bottom, have a local origin. Ice racing as an active factor sedimentogenesis plays a role only on the shelf of Wrangel Island.

Keywords: Data Base, sea bottom sampling, lithological composition of modern bottom sediments, export to GIS, shelf Wrangel Island, Seamounts Mendeleev.

Донное опробование является основным методом для получения прямой седиментологической информации о морских осадках и геологической заверки геофизических наблюдений. К настоящему времени в геологической отрасли накоплены обширные информационные массивы разносторонних сведений по донному опробованию, хранение, обработка и использование которых невозможны без применения новых технологий и методик.

Структура банка данных и его целевая направленность. Цель формирования банка — объединение и систематизация материалов по комплексной характеристике донных осадков в форме, доступной и удобной для пользователя. Банк включает в себя данные по гранулярному, минеральному, химическому составам и влажности морских осадков, по техногенному загрязнению и донному каменному материалу. Учтены результаты опробования осадков, полученные при проведении всех видов геологических экспедиционных и лабораторных исследований на шельфе арктических морей России и в акватории Северного Ледовитого океана, начиная с тридцатых годов прошлого века. Обязательным требованием при внесении информации в банк является наличие координатной привязки станций донного опробования. Банк дает возможность расширения его информационной структуры и пополнения новыми сведениями. Фактический материал сгруппирован по видам исследований

и позволяет пользователю быстро найти, отобразить и визуализировать информацию в графическом или текстовом формате, а также вынести интересующие данные на карту.

Сам банк находится на сервере, в качестве которого используется MS SQL Server2008. Клиентские приложения — на персональных компьютерах. В качестве клиентского приложения для ввода, редактирования и работы с данными используется Microsoft Access 2007.

Банк позволяет просматривать результаты всех анализов по всем отчетам и опубликованным работам; выносить на карту всю информацию по каждой пробе; делать выборки согласно заданным параметрам и экспортировать их в ГИС (рис. 1).

Структура банка данных:

— картотека отчетов и опубликованных работ (библиография, район работ, цели, масштаб работ и номенклатура листов), количество и список станций в каждом отчете и результаты обработки проб данного отчета по 16 видам анализов (рис. 2);

— паспорта станций — авторский номер станции, профиль, год работ, рейс, судно, инструмент пробоотбора, широта и долгота, глубина моря (рис. 3);

— 16 видов анализов. При этом в каждом анализе для каждой пробы дана координатная привязка станции, интервалы опробования и инструмент пробоотбора, например, гранулометрический анализ (рис. 4);



Рис. 1. Общий вид банка данных «Морское донное опробование»

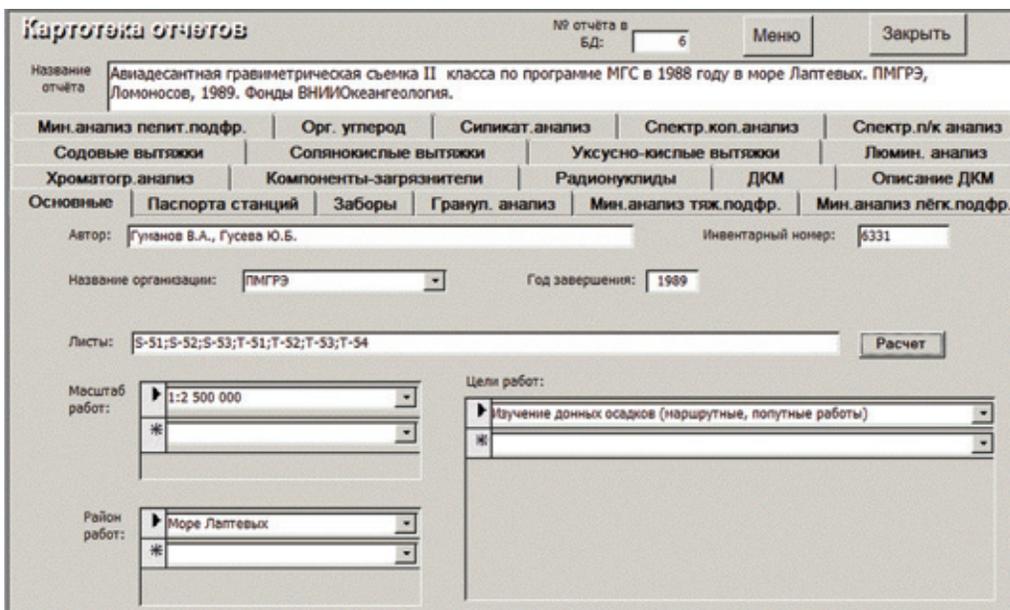


Рис. 2. Картотека отчетов

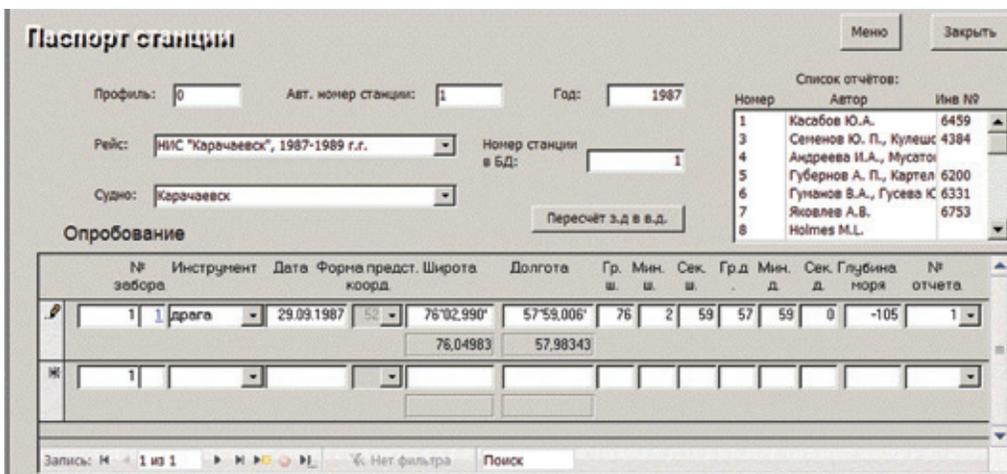


Рис. 3. Паспорт станции

Рис. 4. Результаты гранулометрического анализа

Рис. 5. Выборки и экспорт в ГИС

– форма «Выборки и экспорт в ГИС», предназначенная для отбора данных и экспорта их в ГИС (рис. 5).

Банк содержит отчёты (библиография) – 37; паспорта станций – 7248; всего проб – 9499; виды анализов – 16.

Виды и количество анализов: гранулометрия (12 параметров) 7411, в том числе определение влажности 2193; минералогия (тяжелая фракция, 54 параметра) 2230; минералогия (легкая фракция, 22 параметра) 1140; минералогия (пелитовая фракция, 12 параметров) 113; определение органического углерода (4 параметра) 1248; силикатный анализ (12 параметров) 300; спектральный количественный анализ (21 параметр) 554; спектральный полуколичественный анализ (36 параметров) 2184; содовые вытяжки (2 параметра) 534; солянокислые вытяжки (19 параметров) 955; уксуснокислые вытяжки (8 параметров) 48; люминесцентный анализ (7 параметров) 291; газовая хроматография (10 параметров) 366; компоненты-загрязнители (11 параметров) 300; радионуклиды (4 параметра) 347; донно-каменный материал (6 параметров) 15.

Уровень подготовки материалов очень высок: координатная привязка пересчитана в единый формат, минералогические и гранулометрические

анализы контролируются по стопроцентной сумме всех компонентов, названия литологических типов осадков формируются по результатам гранулометрического анализа в соответствии с единой гранулометрической классификацией ВНИИОкеангеология, что обеспечивает полную сопоставимость результатов [8].

Таким образом, представленный банк – достаточно мощный информационно-аналитический инструмент, с помощью которого можно успешно решать целый ряд задач, ориентированных на насущные требования специалистов-геологов.

С привлечением данных по гидродинамическому и ледовому режимам акваторий, геоморфологическим и морфологическим особенностям донного рельефа, по характеристике областей сноса можно строить моно- и поликомпонентные карты распределения различных литологических, минералогических и геохимических параметров вещества осадков по площади дна и по разрезам колонок с целью сравнительного анализа особенностей современного седиментогенеза на отдельных морях арктического шельфа и построение объективной и грамотной картографической основы для характеристики эколого-геологической ситуации и планирования мероприятий по мониторингу и охране геологической среды в морских

акваториях. Кроме того, материалы, помещённые в банк, используются для составления литологических карт поверхности морского дна в масштабах 1 : 1 000 000/3 и 1 : 200 000/2.

Литологическая карта современных донных осадков поднятия Менделеева и прилегающих структур. Задачи по изучению истории формирования Северного Ледовитого океана и определению внешней границы континентального шельфа в Восточно-Сибирском и Чукотском морях не могут быть решены только при помощи геофизических методов исследований. Основным и наиболее доступным источником получения прямой седиментологической информации о вещественном составе осадков и составе коренных пород морского и океанического дна является донное опробование.

Литологическая карта современных донных осадков поднятия Менделеева и сопряжённых структур (шельф о. Врангеля, континентальный склон, рис. 6) построена по материалам представленного банка данных. В основу карты положено 185 гранулометрических анализов поверхностных и колонковых проб осадков, выполненных на 165 станциях донного опробования (рис. 7), с привлечением материалов по гидродинамическому и ледовому режимам акватории, характеристике морфоструктур дна и описанию береговых и донных питающих провинций. При выборе объектов картографирования определяющей была принадлежность вышеперечисленных структур к разным геоморфологическим областям с резко различными условиями осадкообразования, что позволяло проследить особенности процесса современного седиментогенеза в зоне от побережья материка до донных структур Северного Ледовитого океана.

Шельф о. Врангеля. Основными факторами седиментогенеза на шельфе о. Врангеля являются гидродинамический режим акватории, рельеф и микрорельеф дна, материковый сток, береговая и донная абразия и ледовый разнос. Шельф представляет собой слабонаклонную к северу и северо-востоку пологоволнистую равнину, почти лишённую резких углублений и возвышений, но местами с хорошо сохранившимся субаэральным рельефом. Преобладают глубины до 50 м, максимальные у бровки шельфа не превышают 200 м. Изобаты 10 и 25 м подходят близко к берегу, повторяя очертания береговой линии. В северной части акватории шельф пересекает каньон Геральд, протянувшийся на север к материковой окраине по меридиану 185° в.д. Береговая линия моря слабо изрезана, берега в общем однообразны: гористые, обрывистые, отделены от моря песчаными косами. Впадающие в акваторию реки маловодны, твёрдый речной сток р. Колыма составляет 8,3 млн т в год [3].

Постоянные течения в акватории формируются под влиянием вод, втекающих через проливы Де-Лонга и Берингов. Вдоль материкового побережья на юго-восток движется поток холодных вод из Восточно-Сибирского моря. Тёплое Берингоморское течение направляется сначала почти на север, а у банки Геральд разбивается на две ветви, одна идёт на запад к о. Врангеля, а вторая продолжает двигаться на северо-запад к бровке шельфа. Скорость постоянных течений от 30 до 50 см/с. В результате встречи Берингоморского и Чукотского

течений к югу от о. Врангеля образуется круговорот воды циклонического типа. Приливы в акватории у побережья моря невелики (20–30 см), хотя у берегов о. Врангеля приливы могут достигать высоты 150 см [3].

Льды в изучаемой акватории существуют круглый год. Зимой море, как правило, сплошь покрыто льдом, неподвижным у самого берега и плавучим вдали от него. На мелководных участках моря происходит экзарация дна льдом. На севере акватории встречаются многолетние паковые льды. Очевидно, основной перенос крупнообломочного материала осуществляется припайными льдами.

Донные осадки шельфа о. Врангеля представлены гранулометрическим спектром от алеврито-гравийных песков до пелита (рис. 8). Хотя взаимные переходы литотипов осадков друг в друга часты и незакономерны, в целом распределение осадочного материала подчиняется батиметрическому контролю, т. е. с увеличением глубины моря уменьшается зернистость осадков.

Галечно-гравийно-песчаные отложения, образующиеся в результате абразии пород, слагающих берега, а также поступающие в акваторию в составе твёрдого стока рек, располагаются полосой вблизи береговой линии, так как скорость прибрежного течения недостаточна для дальнего перемещения крупнообломочного материала. В этом гораздо более заметную роль играет перенос терригенных включений припайными льдами, которые обламываются и дрейфуют по всему морю.

С удалением от берега грубозернистые осадки довольно быстро переходят в песчаные и пелито-алевритовые разности, а галька и гравий встречаются эпизодически и в небольших количествах. Однако вблизи островов Врангеля и Геральд примесь крупнообломочных включений в осадках вновь увеличивается и местами превышает 26%. Это, очевидно, связано как с активной абразией островных берегов, так и с размывом коренных пород дна к востоку от о. Врангеля. Ещё дальше к северу примесь крупных фракций опять невелика, а сами осадки постепенно переходят из пелитовых алевритов в алевритовые пелиты и пелиты континентального склона.

Континентальный склон — это структура, в какой-то мере промежуточная между шельфом и поднятием Менделеева. Основные факторы седиментогенеза здесь — макрорельеф дна, гидродинамический режим, наличие мутьевых потоков, подводных оползней, конусов выноса, а также, в меньшей степени ледовый разнос. Глубина моря изменяется от 150–200 до 2100 м, углы поверхности уклона составляют, как правило, 1,5–4°. Сама поверхность дна может быть ровной, или террасированной, или изменённой бороздами и ущельями. Трансарктическое тёплое поверхностное постоянное течение движется со стороны шельфа с востока на запад, скорость его 5–6 см/с [9]. Ближе ко дну, прижимаясь к нижней части материкового склона, с запада на восток проходит Атлантическое течение со скоростью 0,8–1 см/с. Практически вся акватория над континентальным склоном покрыта льдом. По-видимому, здесь уже существует многолетний арктический паковый лёд толщиной в среднем 3 м. Наличие айсбергов, по-нашему мнению, проблематично, так как, скорее всего, если они и попадают в море, то тают раньше, чем достигают изученной акватории.

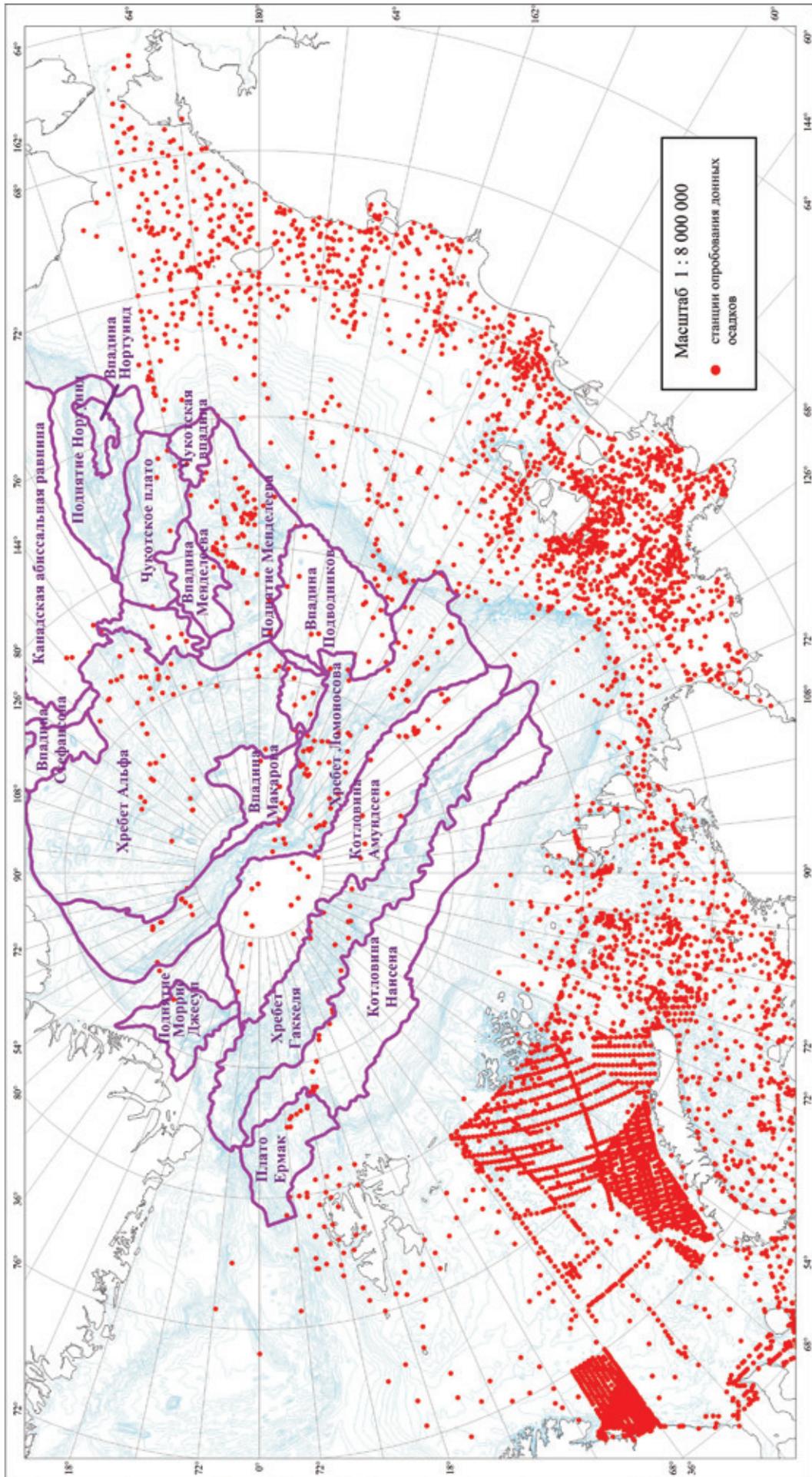


Рис. 6. Основные морфоструктуры арктических морей России и Северного Ледовитого океана и станции донного опробования

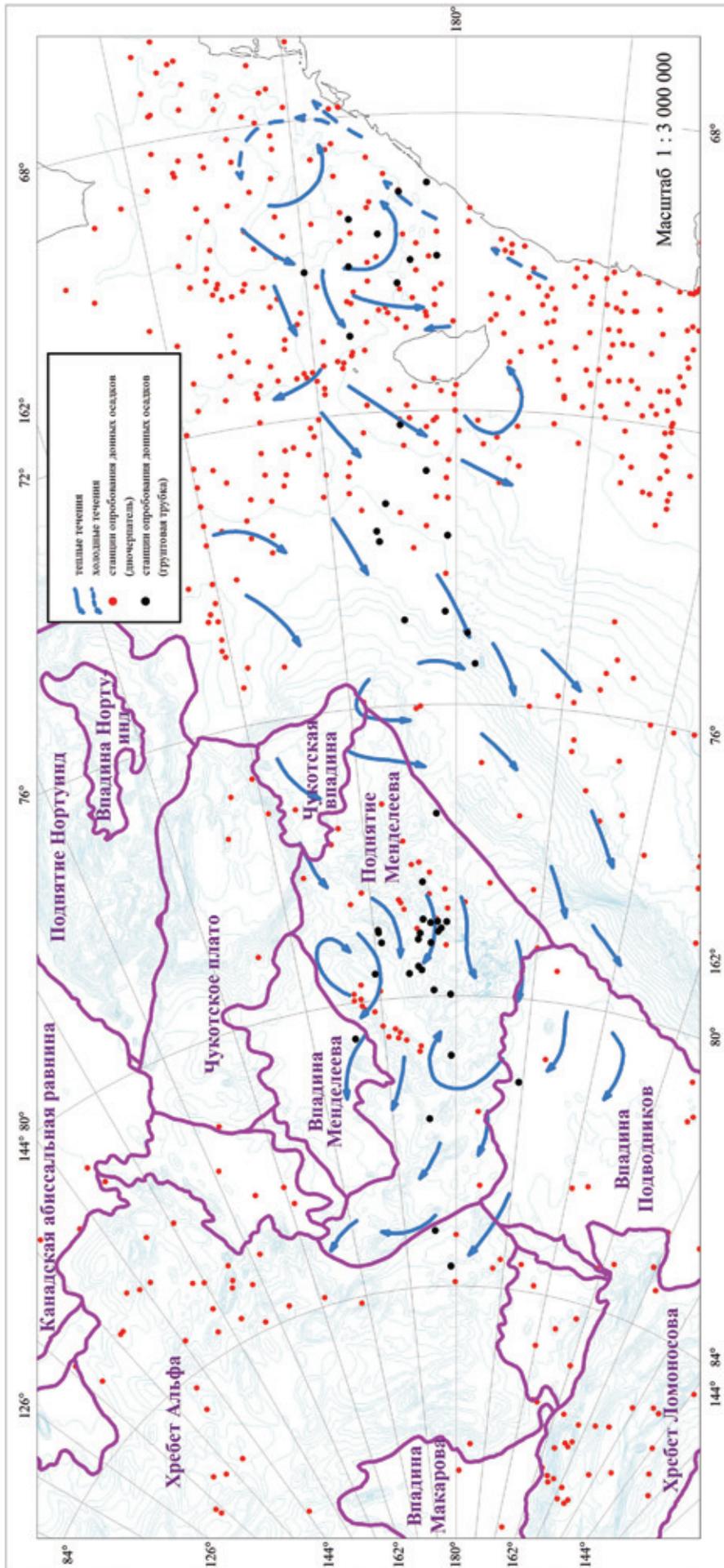


Рис. 7. Карта фактического материала по донному опробованию поднятия Менделеева и сопряжённых структур

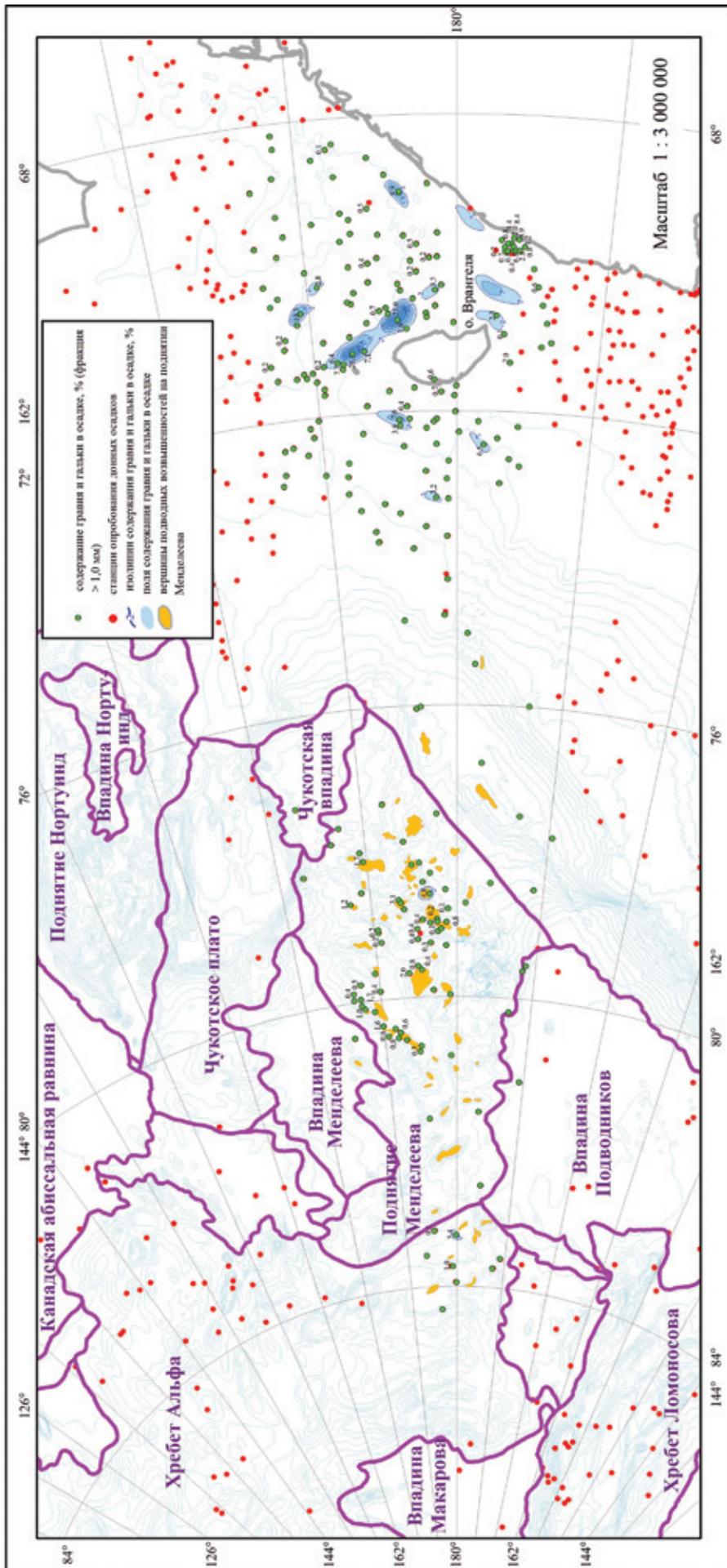


Рис. 9. Распределение гравия и гальки в донных осадках поднятия Менделеева и сопряжённых структур

Распределение осадков по поверхности дна континентального склона подчиняется батиметрическому контролю, хотя нормальный ход седиментогенеза может нарушаться суспензионными потоками и оползновыми процессами, возникновение которых в значительной мере зависит от углов наклона поверхности самого склона. Осадки тонкозернистые, представлены пелитами и алевроитовыми пелитами (рис. 8). Лишь у верхней границы склона содержание алевроитовой фракции превышает 50%. Во всех пробах осадков присутствует примесь песка, максимальная (до 5%) отмечена вблизи границы с шельфом о. Врангеля. Можно предположить, что появление более крупнозернистой фракции в осадке фиксирует границу таяния ледяных полей в летний период. Отметим, что песок встречается и в разрезах колонок осадков.

Поднятие Менделеева. В последние годы появились многочисленные публикации, посвящённые изучению донных осадков поднятия Менделеева, в частности, распространению в них крупнообломочных включений — ДКМ [4–7]. При этом донное опробование выполнялось по профилям, расположенным вкрест и по простиранию поднятия. Используя материалы нашего банка данных, мы предприняли попытку проследить площадное распределение галечно-гравийно-песчаного материала и связь фракционного состава осадков с рельефом дна.

Поднятие Менделеева является одной из крупных морфоструктур Северного Ледовитого океана. Главные факторы седиментогенеза здесь — микро- и макрорельеф океанического дна, гидродинамический режим, абразия дна и склонов подводных гор. Наличие мутьевых потоков и подводных оползней может заметно нарушать нормальный ход седиментации в понижениях рельефа. Рельеф поднятия сильно изрезан. Минимальная глубинная отметка в районе исследований 890, а максимальная 3400 м, т. е. перепад высот превышает 2000 м. Поднятие осложнено серией региональных ступеней с относительными превышениями до 600 м и последовательно погружается в направлении более глубоких частей Американо-Арктического суббассейна [4, 7]. Эрозионные останцы осложняют склоны отдельных возвышенностей, а подводные долины, как правило, имеют крутые борты.

Гидродинамическую обстановку можно охарактеризовать как умеренно активную с постоянными течениями и установившимся направлением дрейфа льда. Толща вод Арктического бассейна чётко стратифицирована [1]. Генеральное направление поверхностного холодного арктического течения — с востока на запад, из Арктического бассейна в Атлантический океан. Скорость движения воды 1,1–2,3 см/с. Навстречу арктическому поступает глубоководное тёплое атлантическое течение, основная масса вод которого движется с запада на восток. Придонная вода с глубины 800–1000 м распространяется до океанического дна. В поверхностном слое наблюдается хорошо выраженная область антициклонического круговорота, который захватывает значительный слой водной толщи и вовлекает в движение не только воду, но и лёд.

Практически вся акватория над поднятием Менделеева покрыта полями сплочённых многолетних арктических паковых льдов, южная граница которых, как правило, не поднимается выше 74–75° с.ш. [3]. Толщина льда в среднем 3–4 м, но может быть

и в несколько раз больше. Ледяные поля дрейфуют со скоростью 2,5–3,5 км/сут. в основном с востока на запад, иногда образуя зоны антициклонического круговорота, где льды могут оставаться в круговом движении несколько лет [9]. Подобная ледовая обстановка, по нашему мнению, не может служить здесь сколько-нибудь заметным фактором седиментогенеза. Айсберговый разнос также практически не играет роли, поскольку попадание самих айсбергов в изучаемую акваторию весьма проблематично.

Донные осадки поднятия Менделеева не отличаются большим разнообразием, в основном это смесь пелитовой и алевроитовой размерностей в разных соотношениях. С общим погружением поднятия к северу в осадках увеличивается содержание пелитовой фракции до 95% и появляются поля чистых пелитов (рис. 8). Во всех пробах зафиксирована примесь песка, максимальное его количество достигает 21%. Очевидно, наибольший интерес представляет распределение крупнообломочных включений (фракция больше 1 мм). Галечно-гравийный материал отмечается на 34 из 60 станций донного опробования с максимальным содержанием до 5%. Вмещающие осадки — алевроитовые пелиты и пелиты. По нашим данным, присутствие крупнообломочных включений в донных осадках поднятия Менделеева чётко связано с вершинами подводных возвышенностей или с их склонами в местах с резко контрастными формами рельефа (рис. 9), где обнажаются коренные породы, слагающие океаническое дно. Эти вершины могут располагаться на разных глубинах, что и подтверждается результатами опробования: минимальная глубина находок 961 м, максимальная до 3270 м. Мы считаем, что эти включения являются продуктами размыва коренных пород дна, т. е. элювиально-делювиальными образованиями, имеющими местное происхождение. Изучение разреза колонок показало, что песчаные зёрна и галечно-гравийные обломки присутствуют в осадках на разных глубинах опробования (рис. 10), что, очевидно, свидетельствует о существовании единого постоянного источника таких включений в течение длительного времени. Этот вывод полностью согласуется с данными предыдущих исследователей [4–7] и не согласуется с концепцией поставки крупнообломочного материала путём ледового разноса.

Цифровая модель литологической карты современных донных осадков для поднятия Менделеева и сопряжённых структур (шельф о. Врангеля и континентальный склон), построенная на основе сведений, содержащихся в банке данных «Морское донное опробование», отображает все развитые в акватории литологические типы донных осадков и закономерности их распределения по площади дна. Для каждой из перечисленных структур существует свой комплекс ведущих факторов, которые обуславливают особенности процесса седиментации и своеобразия осадков в соответствующих областях.

Осадки, содержащие в качестве примесей галечно-гравийно-песчаные компоненты, имеют площадное распространение, и местоположение их чётко приурочено к вершинам и склонам подводных возвышенностей поднятия Менделеева. Эти осадки являются элювиально-делювиальными продуктами размыва коренных пород дна, т. е. имеют местное происхождение.

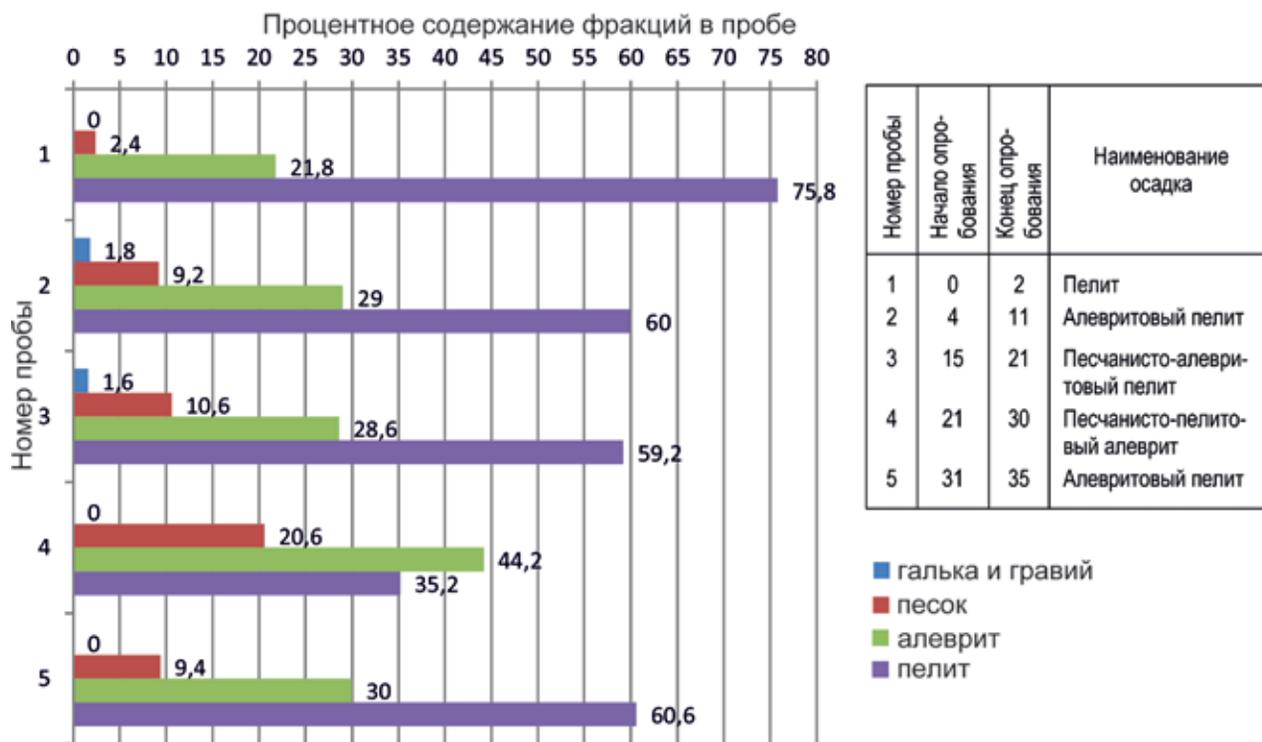


Рис. 10. Распределение гранулометрических фракций донных осадков в пробах по колонке ст. 2899 поднятия Менделеева

Ледовый разнос как активный фактор седиментогенеза играет роль лишь на шельфе о. Врангеля. На континентальном склоне, а тем более на поднятии Менделеева вклад ледового разноса в механизм формирования донных отложений очень мал.

Следует подчеркнуть, что современный морской седиментогенез – это сложный и многоплановый процесс, который протекает под воздействием большого числа факторов. Чтобы получить обоснованную и объективную модель этого процесса, необходимо собрать и обработать значительный объём первичной аналитической информации. Хранилищем такой информации является предлагаемый банк данных. Построенная литологическая карта показывает возможности комплексного использования материалов банка для решения разного рода геологических задач на основе изучения и обобщения большого числа любых параметров и факторов с применением современных компьютерных технологий.

В дальнейшем планируется исследовать петрографический состав и распределение донного каменного материала, методологию изучения которого предложил В. Д. Дибнер [2], а также распределение минералов тяжёлой и лёгкой фракций в донных осадках поднятия Менделеева и сопряжённых структур для выявления комплекса параметров, по которым можно проследить связь минерального состава осадков с коренными породами питающих провинций суши.

1. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 9: Моря Советской Арктики / Под ред. И.С. Грамберга и Ю.Е. Погребницкого. – Л.: Недра, 1984. – 280 с.

2. Дибнер В.Д. Неиспользованные возможности изучения донного каменного материала // Шельфы, состояние, проблемы и перспективы изучения: Труды НИИГА. – Л., 1969. – С. 32–35.

3. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. – М.: Мысль, 1965. – 350 с.

4. 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 РАН. 2004. Т. 399. № 2. – С. 224–226.

5. Кабаньков В.Я., Андреева И.А. и др. О геотектонической природе системы центрально-арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в её определении // Геотектоника. 2004. № 6. – С. 33–48.

6. Кабаньков В.Я., Андреева И.А. Современные осадки восточной части Северного Ледовитого океана и их геологическое значение // Записки Горного института. 2008. Т. 176. – С. 23–25.

7. Кабаньков В.Я., Андреева И.А. и др. Новые данные о составе и происхождении донных осадков южной части поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Доклады РАН. 2008. Т. 419. № 5. – С. 653–655.

8. Методические рекомендации по гранулометрическому классифицированию осадков / Сост. В.И. Туревич. – Л.: Изд-во ПГО «Севморгеология», 1986. – 18 с.

9. Океанографическая энциклопедия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 631 с.

Бурский Анатолий Зиновьевич – канд. геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ. <Anatoly_Bursky@vsegei.ru>.

Яковлева Тамилла Валентиновна – канд. геол.-минер. наук, вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Tamilla_Yakovleva@vsegei.ru>.

Маркова Татьяна Валерьевна – инженер, ВСЕГЕИ. <Tatiana_Markova@vsegei.ru>.

Денисевич Ольга Анатольевна – вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Olga_Denisevich@vsegei.ru>.